

Untersuchungen zur Morphologie und Lokalisation von Rippenfrakturen

Michael Bayeff-Filloff

Disbui. München
1988





Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität München

Vorstand Professor Dr.med. W. Spann

Untersuchungen zur Morphologie und Lokalisation
von Rippenfrakturen

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Michael Bayeff-Filloff

aus

Haag i. Ob.

Jahr

1987

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz.Dr.rer.nat. G. Beier

Mitberichterstatter: Prof.Dr.med. E. Liebhardt

Prof.Dr.med. W. Spann

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter:

Dekan: Prof.Dr.med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 17.03.1988

Meine Eltern

Meine Eltern sind ...

1. Mein Vater ist ...

2. Meine Mutter ist ...

3. Mein Großvater ist ...

4. Meine Großmutter ist ...

5. Mein Onkel ist ...

6. Meine Tante ist ...

7. Mein Bruder ist ...

8. Meine Schwester ist ...

9. Mein Cousin ist ...

Meinen Eltern

10. Mein Onkel ist ...

11. Meine Tante ist ...

12. Mein Bruder ist ...

13. Meine Schwester ist ...

14. Mein Cousin ist ...

15. Meine Cousine ist ...

16. Mein Onkel ist ...

17. Meine Tante ist ...

18. Mein Bruder ist ...

19. Meine Schwester ist ...

20. Mein Cousin ist ...

21. Meine Cousine ist ...

22. Mein Onkel ist ...

23. Meine Tante ist ...

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG in das Thema
2. UNTERSUCHUNGSMATERIAL
3. METHODIK
 - 3.1. Experimentelle Frakturen
 - 3.1.1. Probenentnahme
 - 3.1.2. Versuchsablauf
 - 3.2. Unfallfrakturen
 - 3.3. Inspektionsverfahren
 - 3.4. Protokolle
4. ERGEBNISSE
 - 4.1. F r a k t u r p o s i t i o n
 - 4.1.1. Eine Frakturstelle pro Rippe
 - 4.1.2. Zwei Frakturstellen pro Rippe
 - 4.1.3. Reanimationsfrakturen
 - 4.2. F r a k t u r f o r m
 - 4.2.1. Widerhaken
 - 4.2.2. Einteilung der Frakturformen
 - 4.3. D y n a m i s c h e r u n d s t a t i s c h e r A n s t o ß
 - 4.3.1. Periostverletzung
 - 4.3.2. Frakturformen und Frakturpositionen
5. BEURTEILUNG eines ausgewählten Falles aus dem Sektionsgut
6. DISKUSSION
7. ZUSAMMENFASSUNG
8. LITERATURVERZEICHNIS

1.EINLEITUNG

Die detaillierte Aufklärung eines Unfallherganges bestimmt heute einen großen Teil der gerichtsmedizinischen Praxis. Insbesondere bei Fußgängerunfällen mit mehreren beteiligten Fahrzeugen ist für die juristische Begutachtung die Ermittlung der zum Unfall führenden Richtung der Gewalteinwirkung entscheidend. Und seit der Einführung der Gurtpflicht im Jahre 1984 ergibt sich neuerdings oft die Fragestellung, ob Verletzungsmuster im Bereich des Brustkorbes auf einen angelegten Gurt oder auf einen Anstoß anderen Ursprungs, z. Bsp. des Lenkrades oder des Armaturenbretts, zurückzuführen sind.

Für den Gerichtsmediziner relevante Zeichen eines Anstoßes sind neben Haut- und Weichteilverletzungen insbesondere die Knochenfrakturen. Bislang in der Literatur beschriebene Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Anstoß und der Knochenbruchform bezogen sich jedoch fast nur auf die langen Röhrenknochen.

Bereits 1880 beschrieb MESSERER (13) am Beispiel der Tibia den Biegeungsbruch des langen Röhrenknochens. Bei seitlichem Anstoß kommt es durch Zug- und Druckkräfte zu einer Aussprengung eines Knochenkeiles, dessen Spitze in Richtung der Gewalteinwirkung weist.

1935 stellt KÜNTSCHER (10) mittels eines Harzüberzuges den Kraftfluß im Knochen dar. Auf Grund der geringen Dehnbarkeit entstehen bei Belastung durch Zug- bzw. Druckkräfte Risse im Harzüberzug. Bei dynamischem Anstoß entsprechen diese Dehnungslinien im gesamten Verlauf fast stets der schließlich entstandenen Bruchlinie.

Erst 1970 konnte durch LEITZ (11) das Bruchverhalten langer Röhrenknochen biomechanisch erklärt werden. Ausgehend von einer Hypothese der sogenannten Hauptschubspannungslinien konnte er Biegungsschubbruchbilder

ermitteln, die sich experimentell bestätigten. Als reine Schubbruchformen unter Biegebelastung fand LEITZ (11) den S-förmigen Biegebungsbruch, den V-förmigen Biegebungsbruch und den mit einer Keilaussprengung verbundenen Biegebungsbruch.

Den genauen Mechanismus des sogenannten Messererbruchs konnte SELLIER (15) 1964 durch Zeitdehnungsaufnahmen mit 4000 Bildern pro Sekunde darstellen. Der Bruchspalt öffnet sich immer auf der der Krafteinwirkung gegenüberliegenden Seite, senkrecht zur Knochenoberfläche. Im weiteren Verlauf entstehen zwei zueinander symmetrische Bruchlinien, die jeweils konvex zur Anstoßseite laufen. So entsteht das typische Bruchdreieck mit Basis auf der Anstoßseite.

Wie Sellier (15) in seinen Bildern nachweisen konnte, kommt der oben beschriebene Mechanismus auch zu Stande, wenn die absolute Druckspannung auf der Kontaktseite wesentlich über der Zugspannung auf der kontralateralen Seite liegt.

Die Aussagekraft eines Bruchkeiles für die sichere Beurteilung der Anstoßrichtung bewegte von da an die Autoren zu sehr unterschiedlichen Meinungen. Als ein Vertreter jener, die Messerers Theorie nicht anerkannten, muß PATSCHEIDER (14) genannt werden. Er fand 1962 bei Versuchen mit dynamischem Anstoß auch keilförmige Aussprengungen, deren Spitze gegen die Anstoßrichtung wiesen. Er hielt es somit für erwiesen, daß Messerers statischer Biegeversuch nicht auf die tägliche Praxis mit ihren eher dynamischen Anstößen übertragen werden darf.

Auch SELLIER (15) fand bei seiner photographischen Dokumentation eines Bruches Keilfrakturen, deren Spitze gegen die Richtung des Anstoßes wiesen. Er interpretierte dieses Bruchdreieck mit konvexen Schenkeln jedoch als Verbund zweier nebeneinander liegender Bruchkeile, die durch

Fehlen der jeweiligen äußeren Schenkel den Eindruck eines einzigen Keiles entstehen lassen, der dann quasi auf dem Kopf steht.

Nach der Untersuchung von 76 ausgewählten Messererbrüchen der unteren Gliedmaßen kam auch HOLZHAUSEN (3) wieder zur Theorie Messerers zurück. 4 umgekehrte Keile konnten nach einer eingehenden Unfallrekonstruktion auf Gegenkräfte zurückgeführt werden.

1973 fielen ZINK und REINHARDT (18) bei der Untersuchung von Anstoßverletzungen am Unterschenkel kleine oberflächliche Knochenaussprengungen an der stoßzugewandten Seite der Frakturstelle auf, z.T. auch nur in der Form von Ausspreißeungen oder einer Abrundung der Bruchkante. Außerdem zeigte sich am mazerierten Knochen beim Zusammenfügen der Knochenteile ein Verhaken der Enden, das sich schanierähnlich nur in Bruchrichtung öffnen ließ.

In neuerer Zeit befaßten sich MARESCH und MAURER (12) mit dem Einfluß der Anstoßrichtung auf Frakturen der langen Röhrenknochen insbesondere bei Verkehrsunfällen.

Am Thorax und insbesondere an Rippen wurden bis jetzt fast ausschließlich biomechanische Aspekte - wie Biegefestigkeit bzw. Bruchlast der Rippen - und die die Festigkeit des Brustkorbes beeinträchtigenden Parameter - wie das Alter, die Konstitution, das Geschlecht, die Muskelstärke, der Ernährungszustand und Knochenerkrankungen - untersucht. Auf diese Faktoren soll in dieser Arbeit im Wesentlichen nicht eingegangen werden.

Deshalb wird hier auf die Arbeit von THEIS (17) verwiesen : An 250 Rippen konnte er keinen Unterschied zwischen dynamischer und statischer Bruchlast feststellen. Die Aufprallgeschwindigkeiten des dynamischen Anstoßes lagen zwischen 1,7 und 2,9 m/s. Die Bruchenergie betrug dabei zwi-



schen 0,3 und 0,8 kpm. Die Bruchlast des statischen Versuches lag zwischen ca. 60 kpm bei den 15 bis 24jährigen und ca. 15 kp bei den höchsten Altersklassen. Damit ließ sich also auch der Einfluß des Alters auf die Rippenstabilität nachweisen. Weiter fand THEIS (17), daß die Bruchlast einer Rippe sich proportional zum Querschnitt ihrer Corticalis verhält.

Hingegen spielt der Einfluß der Spongiosa auf die Stabilität des Knochens mit ca. 2% nach GRANIK und STEIN (1), kaum eine Rolle.

Zur Frage einer Beeinflussung der Bruchlast durch das Geschlecht fand THEIS (17) um 20% niedrigere Werte der Frau gegenüber dem Mann. Insbesondere für diese Arbeit ist interessant, daß die Bruchlast von der Belastungsrichtung abhängt. So liegen die Werte für konvex belastete Rippen ca. 20% unter den konkav belasteten Rippen. Weiter fand sich jedoch keine Abhängigkeit zwischen der Richtung der Belastung und der Bruchform. Einflüsse auf die Bruchform bestehen nach THEIS (17) nur im Alter und der Art der Belastung - ob dynamisch oder statisch. So waren die typischen Messererbruchdreiecke vorwiegend Ergebnisse der statischen Biegeversuche.

Dem Einfluß des 3-Punkt-Sicherheitsgurtes auf das Thoraxskelett nahmen sich die Arbeiten von KALLIERIS, KLAIBER, SCHMIDT (7) und KALLIERIS, SCHMIDT und SCHÜLER(8) an. Sie beobachteten bei Leichenversuchen auf einem Verzögerungsschlitten Rippenserienfrakturen als Markierung der Weichteilgurtmarke. Bei einer Schrägkollision von 15°, 30° und 45° zeigten sich ebenfalls Rippenserienfrakturen, die den Verlauf des Gurtes nachvollzogen.

Auch nach SCHMIDT (16) folgen Rippenserienfrakturen dem Verlauf des angelegten Gurtes. Damit lassen sich Fahrer und Beifahrer an Hand ihrer Knochenverletzungsmuster im Thoraxbereich unterscheiden. SCHMIDT (16) beschreibt auch Typen der Rippenfrakturen, abhängig von der Richtung der

Gewalt. Er unterscheidet bei dynamischem Anstoß direkt und indirekt herbeigeführte Frakturen, wobei eine Verstärkung der Rippenkrümmung, die zum Bruch führt, immer mit einem indirekten Anstoß einhergeht.

Es stellt sich nun als Ziel dieser Arbeit die Frage, wie es sich genau mit der Beziehung zwischen Form einer Fraktur und der Anstoßrichtung am Thoraxskelett verhält. Dies wird insofern erleichtert, als - sieht man von Dreh- oder Torsionsbrüchen ab - der Anstoß auf eine Rippe in toto im Gegensatz zu den nach allen Seiten freien Extremitätenknochen in der Regel nur von ventral oder dorsal kommt. Ein Anstoß von caudal oder cranial scheidet in der Praxis weitgehend aus. Die Arbeit verzichtet deshalb auf diese Anstoßrichtung.

Die detaillierte Untersuchung der Frakturform soll an erster Stelle des Interesses stehen. Aber auch die Frakturposition und die Art des Anstoßes sollen berücksichtigt werden.

Zur Systematisierung der Frakturform in einzelne Typenklassen werden die Einteilungen von KAWASE (9) und JOHNER (6) nach HAAS und OTTE (4) als Grundlage dienen.

Der Einfluß der Art des Anstoßes auf die Fraktur wird mittels einer einfachen Versuchsanlage zur Simulation des dynamischen bzw. statischen Anstoßes erforscht werden.

Für die Unterscheidung zwischen diesen beiden Anstoßarten an bereits gebrochen entnommenen Rippen soll eine Erhebung über die Stärke der Periostrverletzung helfen.

Bei der Frakturposition ist sowohl die Betrachtung der Position der Fraktur in der einzelnen Rippe, als auch in der ganzen Thoraxwand von Bedeutung. Nach ZINK (18) variiert die Bruchhöhe einer Tibia bei gleich-

bleibender Anstoßhöhe. Es wird festzustellen sein, ob der Ort der Gewalteinwirkung am Thorax immer mit der Frakturposition übereinstimmt.

Zur Dokumentation der Frakturform sollen neben der Inspektion mit bloßem Auge weitere Methoden - wie die Fissurendarstellung durch Anfärbung, die Stereolupe und die Röntgenaufnahme - auf ihre Eignung überprüft werden.

Über die Verwendbarkeit der Röntgenbilder zur Rekonstruktion der Anfahrrichtung gebrochener Unterschenkelknochen berichtet GROSSER (2). Nach simulierten PKW-Unfällen mit Leichenunterschenkeln und anschließender Röntgenkontrolle ergaben sich kaum brauchbare Hinweise auf die Anfahr- richtung.

Ich erwarte mir, daß es nach Auswertung aller zu untersuchenden Befunde möglich ist, Anstoßrichtung und Anstoßart der Gewalteinwirkung zu ermitteln, die zum Bruch der Rippe geführt haben.

2. UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Sämtliche für die Arbeit entnommenen Rippen stammen aus dem Sektionsgut des Instituts für Rechtsmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München. Die Gesamtzahl beträgt 129 Rippen bei 69 Leichen. Die Verteilung der Geschlechter verhielt sich 41 männliche zu 28 weibliche Vertreter im Alter von 15 bis 79 Jahren.

Bei den 129 untersuchten Rippen lassen sich folgende zwei Gruppen unterscheiden:

- Rippen aus einem unverletzten Thorax

Diese wurden im Versuch unter definierten Bedingungen gebrochen. Gesamtzahl: 80 Stück aus 40 Individuen. Altersverteilung: 18 bis 79 Jahre. Geschlechterverteilung: 23 ♂ und 17 ♀. Todesursachen sind 25 mal endogene Faktoren und 5 mal exogene Faktoren (3 Suicide, 2 Schädel-Hirn Trauma).

Um möglichst standardisierte Bedingungen für eine Systematik der Frakturformenteilung zu gewährleisten, wurden jeweils die 5. und 6. Rippe links oder rechts entnommen.

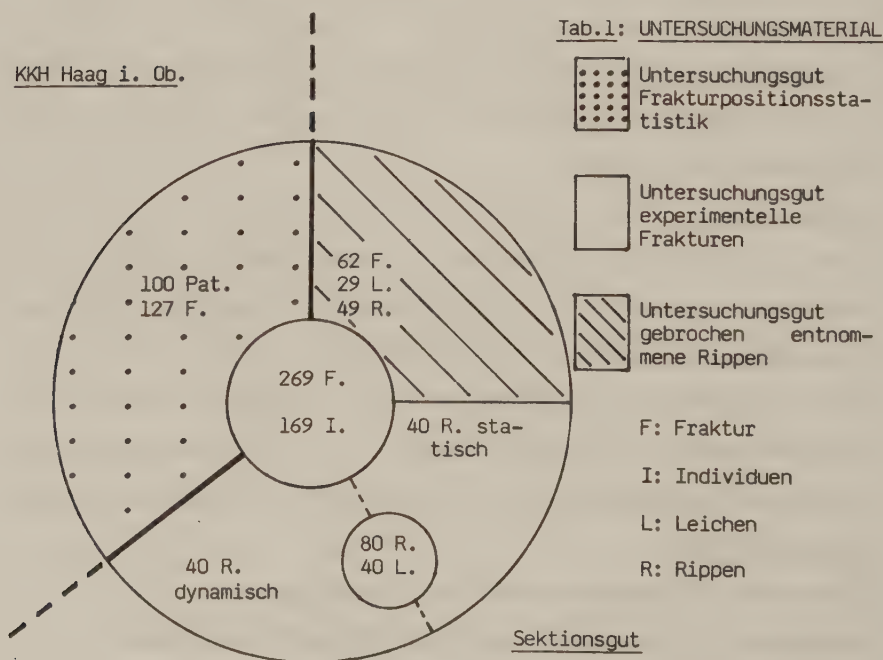
Außerdem ist, den Forderungen von GRANIK und STEIN (1) entsprechend, der im Versuchsaufbau eingespannte Teil (siehe Methodik) zwischen der Medioclavicularlinie und der hinteren Axillarlinie festgelegt. Die Länge der entnommenen Rippe mißt dabei mindestens ca. 10 cm (4 inch). Unter diesen Voraussetzungen kann nach den Autoren (GRANIK und STEIN (1) verwendeten jeweils die 6. und 7. Rippe) der Einfluß der Krümmung und der terminalen Zuspitzung der Rippe auf die Testergebnisse möglichst gering gehalten werden.

- Durch definitiv bekannten Anstoß frakturierte Rippen

Gesamtzahl: 49 Stück aus 29 Individuen. Gesamtzahl der Frakturen: 62

bei 49 Rippen. Altersverteilung: 15 bis 75 Jahre. Geschlechterverteilung: 18 ♂ und 11 ♀. Alle Leichen sind Opfer von Verkehrsunfällen. Es wurden aber nur Fälle ausgewählt, die sicher nur einen einzigen Anstoß erlitten haben. Die Überprüfung der Ermittlung der genauen Anstoßrichtung erfolgte über den Polizeibericht, bzw. bei den Reanimationsfrakturen über den Notarztbericht.

Unabhängig von den Untersuchungen im Institut für Rechtsmedizin der Universität München wird eine Statistik über die Position der Fraktur im Thorax in diese Arbeit eingebracht, die aus 100 Fällen des Patientengutes aus dem KKH Haag i. Ob. besteht.



3. METHODIK

3.1. Experimentelle Frakturen

Zur Erstellung einer Systematik von Frakturposition, Frakturform und Anstoßart wurden Rippen aus unversehrten knöchernen Thorax' entnommen und im Versuch gebrochen.

3.1.1. Probenentnahme

Alle untersuchten Rippen wurden während der Sektion mit den sie umgebenden Muskeln entnommen. Die Lagerung erfolgte möglichst luftdicht, in einer Plastikfolie eingeschweißt, bei 4° C in einer Kühlkammer.

Die Bruchversuche wurden dann oft sofort oder innerhalb der nächsten 24 Stunden durchgeführt. Dazu erfolgte maximal eine Stunde vor Versuchsbeginn die grobe Abpräparation der Muskelanteile unter Schonung des Periosts. Nach Versuchsende wurden die Frakturteile mit den bereits gebrochen entnommenen Rippen in einer Kühltruhe aufbewahrt, bis zur Marzerierung in der Mazerationsanlage des Instituts.

3.1.2. Versuchsablauf

Wie schon erwähnt, soll im Versuch zwischen dynamischem und statischem Anstoß unterschieden werden. Von den 40 Rippenpaaren erhielten jeweils 20 eine statische bzw. dynamische Belastung. Dabei erfolgte die Krafteinleitung auf die 5. Rippe immer von der konvexen Seite aus, während die 6. Rippen von der konkaven Seite belastet wurden.

Die Versuchsaппeratur (Abb.1) besteht aus einer Einspannvorrichtung für beide Anstoßformen. Zwei Holzblöcke von 10 cm Höhe und 10 cm Abstand, die beide mit einer schrägen 1/3 Rohr Einkerbung versehen sind, bilden das seitliche Gerüst. Auf dieser Einkerbung sitzt jeweils ein Plättchen,

das mit Schrauben fixiert die Rippe fest in ihrer Position hält. Um die Rippe nach oben und unten gewölbt einspannen zu können, lassen sich beide Holzblöcke um die Hochachse um 180° drehen.

Da es in diesem Rahmen nicht auf die Messung der zur Fraktur führenden Bruchlast ankommt, erfolgt die statische Belastung mit der Hand über einen keilförmigen Stempel. Die dabei verwendeten Anstoßflächen haben einmal eine Breite von 3 mm und zum anderen eine Breite von 3 cm. Der Versuchsleiter übt auf die Rippe möglichst gleichmäßig immer mehr Druck aus, bis es zur Fraktur kommt, wobei der Ansatzpunkt des Keiles auf der Mitte zwischen beiden Holzblöcken liegt.

Versuchsprinzip der dynamischen Belastungsversuche ist der freie Fall. Bei einer vorgegebenen Höhe von 40 cm ergibt sich für die Geschwindigkeit beim Aufprall: Nach $v = \sqrt{2 a x}$ für den freien Fall und $a = g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ist $v = 2,8 \text{ m/s}$ bzw. $v \approx 10,0 \text{ km/h}$.

Nach THEIS (17) kann man bei einem dynamisch herbeigeführten Bruch von einer maximal nötigen Bruchenergie von 0,8 kpm (= 7,8 Nm) für den jugendlichen Knochen ausgehen. Nach $E = m \cdot g \cdot h$ ergibt sich für die Masse, die sicher zur Fraktur führen soll: $m = E/g \cdot h \Rightarrow m = 7,8 \text{ Nm} / 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,4 \text{ m}$
 $\Rightarrow m = \text{ca. } 2 \text{ kg}$. Das herabfallende Gewicht muß also ca. 2 kg wiegen, um die Rippe sicher zu brechen.

Das Fallgewicht im Versuch betrug genau 2050 g.

Voraussetzung für obige Berechnung ist, daß die ganze potentielle Energie in Brucharbeit umgewandelt wird. Diese Bedingung ist durch die feste Auflage der Rippen erfüllt.

Als Anstoßfläche wird wieder eine Kante von 3 mm und eine Fläche von 3 cm Breite verwendet. Das Projektil hängt genau austariert über der Mitte der Einspannvorrichtung und fällt über einen einfachen Auslösemechanismus

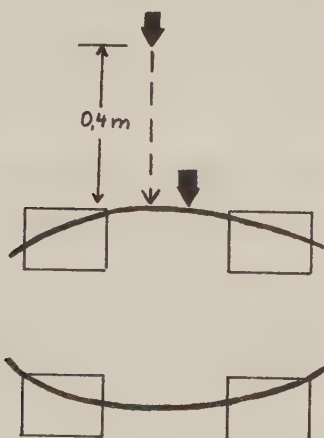
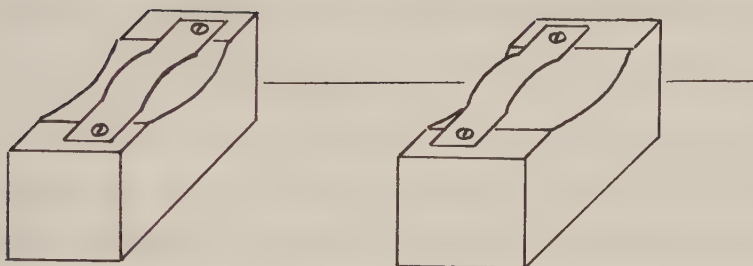
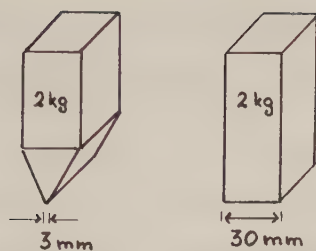


Abb.1: Versuchsaapparatur für die experimentellen Frakturen

auf die Rippe. Auf Führungsschienen für das fallende Projektil wird verzichtet, da somit nur der wirklich primäre dynamische Anstoß zum Tragen kommt.

3.2. Unfallfrakturen

Zur Überprüfung der experimentellen Ergebnisse wurden gebrochene Rippen aus Verkehrsunfallopfern entnommen und Frakturposition, Frakturform sowie Anstoßart mit der Systematik der Versuche verglichen.

3.3. Inspektionsverfahren

Für eine eingehende Untersuchung der Frakturform ist die Beseitigung sämtlicher Weichteilgewebe von großer Bedeutung. Besonders bei kleinen Knochendurchmessern, wie der der Rippe, werden durch eine ausschließlich mechanische Präparation mittels Knochenrasperatorien oft Fissuren übersehen. Nach einer groben Entfernung der Muskeln um die Frakturstelle zur Prüfung des Verletzungsgrades des Periosts steht deshalb immer die Mazeration der entnommenen Rippe.

Weiter wurden folgende Verfahren zur Dokumentation der mazerierten Frakturstelle geprüft, ob sie entscheidende Vorteile gegenüber der rein makroskopischen Inspektion besitzen:

- Mikroskopische Inspektion mit der Stereolupe
- Fissurendarstellung mit Färbetechniken
- Röntgenaufnahme

Trotz einer Vergrößerung bis maximal zum Faktor 25 war die Dokumentation mit der Stereolupe den restlichen Methoden nicht überlegen. Im Niveau liegende und nicht offen klaffende Fissuren konnten, wie die Färbe-

technik zeigte (siehe unten), mehrmals nicht bis zu ihrem wirklichen Ende verfolgt werden. So erwies sich z. Bsp. ein im Mikroskop als reiner Schrägbruch festgestellter Bruch nach Darstellung der kleinen Fissur an der Zugseite durch die Färbetechnik dann als angedeuteter Messererbruch.

Einen weiteren Einsatz fand das Mikroskop zur Überprüfung der in der Einleitung angesprochenen Abrundung der Bruchkanten. Hierfür war die Stereolupe sehr gut geeignet - abgerundete bzw. scharfe Bruchkanten ließen sich sehr gut unterscheiden.

Schließlich wurde die Stereolupe bei der Untersuchung von Schrägbrüchen verwendet. Wenn man davon ausgeht, daß Schrägbrüche die Hälfte eines Messererbruches sind, denen ein Schenkel fehlt, steht die Frage im Raum, ob der zweite Schenkel vielleicht im Knochen, im Bereich der Spongiosa, sichtbar ist. Leider konnte der Verlauf von solchen intraosseären Frakturspalten in den Spongiosabälkchen nach Einstellung der Spitze des mutmaßlichen Bruchdreiecks wegen der zu geringen Tiefenschärfe der Stereolupe bei starker Vergrößerung nicht verfolgt werden.

Hier soll am Rande eine Methode gezeigt werden, die leider nur einmal glückte, aber dennoch erwähnenswert scheint: Nach vorsichtigem Aufsägen der Rippe in der mittleren horizontalen Ebene zeigten sich in den Spongiosabälkchen Risse von der Einrißstelle der Compacta gegenüber dem Anstoßpunkt bis zur Compacta der Anstoßseite. Ein Bruchdreieck war nachgewiesen (siehe Foto 1).

Es muß dazu gesagt werden, daß diese Bruchliniendarstellung nur für voluminöse und nicht für flache Rippen geeignet sein wird, da in letzteren kaum Spongiosa für eine erkennbare Bruchlinie vorhanden ist. Im Übrigen wird hier mit einem geglückten Versuch kein Anspruch auf Allgemein-

gültigkeit erhoben. Diese wird an anderer Stelle zu prüfen sein.

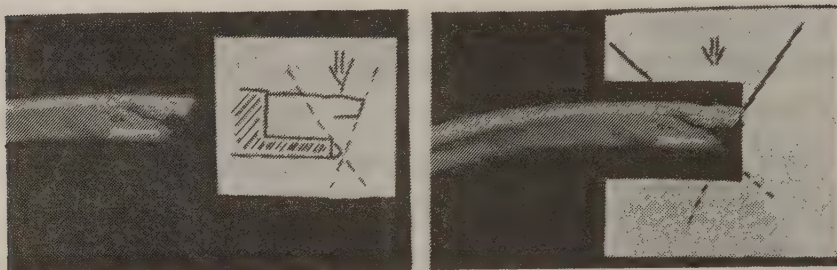


Foto 1: Darstellung des fehlenden zweiten Schenkels eines Bruchdreiecks nach Aufsagen der Spongiosa.

Die einerseits mit geringem Aufwand verbundene und andererseits trotzdem effiziente Darstellung aller oberflächlichen Fissuren im Bereich einer Frakturstelle ist durch die Anfärbung gewährleistet. Zu beiden Seiten des Bruches werden über ein kleines Loch in der Compacta bis zu 0,5 ml rote Tinte mit einer Kanüle in den Knochen injiziert. Durch Schwenken verteilt sich diese im Knochen und tritt nur durch Einrisse der Compacta an die Oberfläche. Sämtliche Fissuren, einschließlich sehr kleiner Haarrisse, werden so zuverlässig dargestellt. Foto 2 zeigt die Fraktur einer 6. Rippe, gesehen durch das Stereomikroskop. Nur die Hauptfissuren sind deutlich zu erkennen. Überlegen ist hier die Färbetechnik (Foto 3), durch die ein ganzes Parallellogramm von Fissuren zum Vorschein kommt.

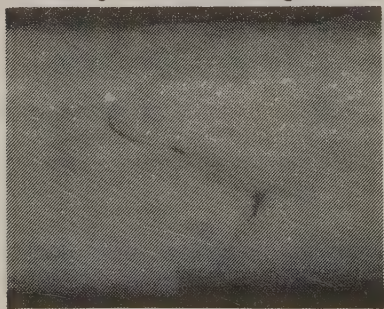


Foto 2 und 3: Dokumentations der Frakturstelle einer 6. Rippe durch
Links: Stereomikroskop, Rechts: Färbetechnik

Durch die Entdeckung des oben beschriebenen Frakturspaltes im Innern des Knochens angeregt, entstand die Hypothese, daß Bruchkeile, von außen nicht sichtbar, dreidimensional zum Liegen kommen können.

Die Fotoreihen 4 bis 7, 8 bis 11 und 12 bis 15 zeigen die 6., 7. und 8. Rippe rechts eines Unfallopfers, gebrochen in der Medioclavicularlinie. Keines der Fotos zeigt den für eine Beurteilung der Anstoßrichtung eindeutigen Befund eines Bruchkeiles. Auch ein Widerhaken der Frakturrenden (siehe 4.2.1.) war nicht zu spüren.

Darum war der nächste Schritt die Anfertigung von Röntgenaufnahmen aller Frakturen im caudal-cranialen und cranial-caudalen Strahlengang.

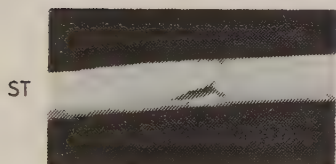


Foto 4: 6. Rippe rechts
craniale Fläche

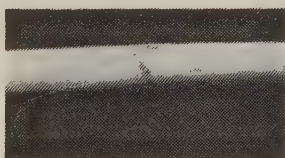


Foto 5: 6. Rippe rechts
caudale Fläche

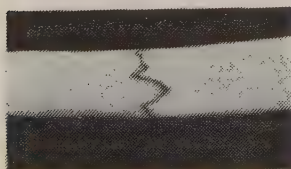


Foto 6: 6. Rippe rechts
ventrale Fläche

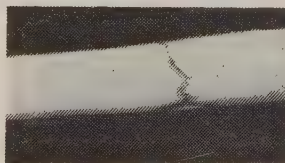
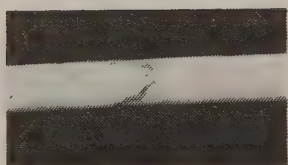


Foto 7: 6. Rippe rechts
dorsale Fläche

ST



ST

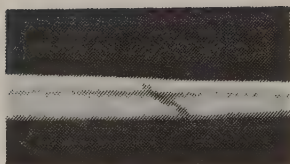
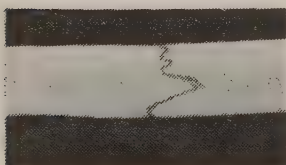


Foto 8: 7. Rippe rechts
craniale Fläche

Foto 9: 7. Rippe rechts
caudale Fläche

ST



ST

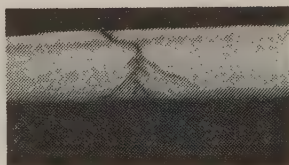
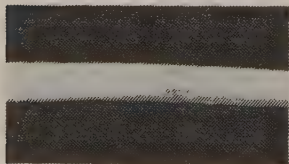


Foto 10: 7. Rippe rechts
ventrale Fläche

Foto 11: 7. Rippe rechts
dorsale Fläche

ST



ST

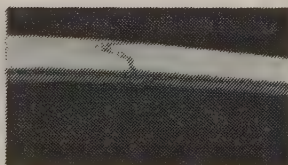
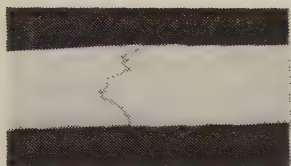
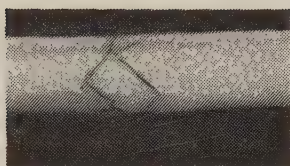


Foto 12: 8. Rippe rechts
craniale Fläche

Foto 13: 8. Rippe rechts
caudale Fläche



ST



ST

Foto 14: 8. Rippe rechts
ventrale Fläche

Foto 15: 8. Rippe rechts
dorsale Fläche

Wie die herausgeschossenen Aufnahmen (Foto 16) zeigen, ergab sich zweimal für die siebte Rippe der eindeutige Befund eines Bruchkeiles. Die ermittelte Anstoßrichtung stimmte im Übrigen genau mit dem Polizeibericht überein.

Es ist also bei nicht beurteilbaren Schrägbrüchen auch an die Möglichkeit einer Dreidimensionalität zu denken, die jedoch durch eine gute Röntgentechnik aufgedeckt werden kann.

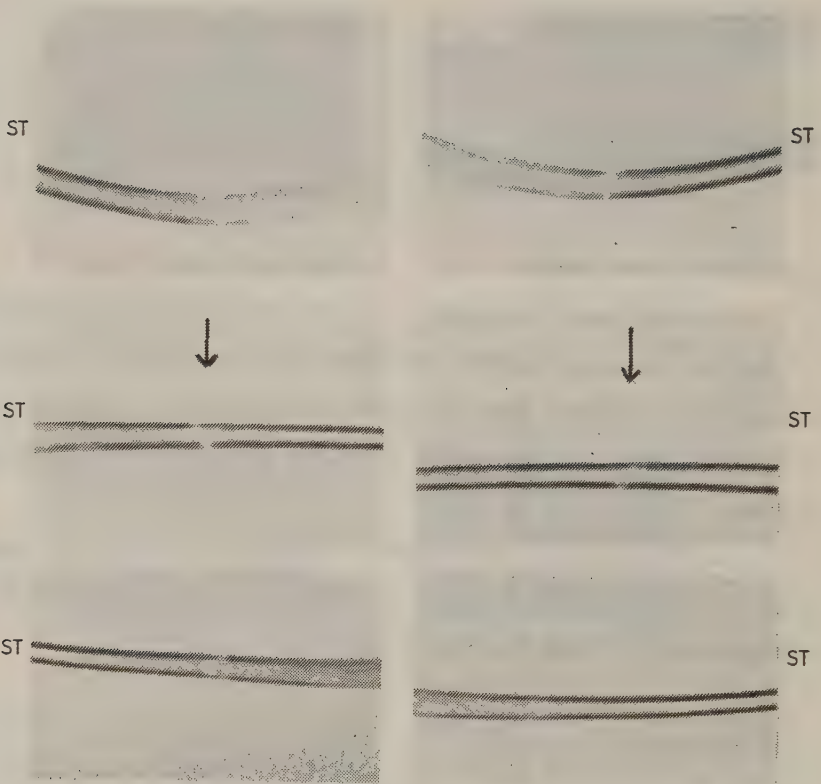
3.4. Protokolle

Alle über den Versuch gesammelten Daten wurden durch allgemeine Daten wie Geschlecht, Geburtsdatum, Alter, Gewicht, Sektionsnummer, Sektionsdatum, Todesursache, entnommene Rippe und Versuchsdatum ergänzt, in einem Versuchsprotokoll eingetragen.

Das Protokoll der bereits gebrochen entnommenen Rippen erfaßt, neben den schon genannten allgemeinen Daten, eine genaue Stellungnahme des meist vorhandenen Polizei und Notarztberichtes und die genaue Position der Fraktur im Thorax.

Abbildung 2 und 3 zeigen für beide Protokollarten jeweils ein Beispiel.

VENTRAL



DORSAL

Foto 16: Röntgenaufnahme der 6. bis 8. Rippe rechts

Links Cranial-caudaler, Rechts Caudal-cranialer Strahlengang.
Oben: 6.Rippe, Mitte: 7.Rippe, Unten: 8.Rippe. ST = Sternum
Bruchkeil jeweils in der 7. Rippe ().

Versuchsprotokoll Nr.: 16, 26.1.85

Sektionsnr.: 158 / 85 Sektionsdatum: 25.1.85 gestorben am: 24.1.85

Todesursache: Hirnbasisaneurysma

Geb.-Datum: 9.5.41 Alter: 43 Geschlecht: ♂ Gewicht: 77,2 kg

entnommene Rippe: 6. Rippe links

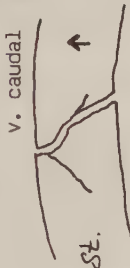
Belastungsart: dynamisch / statisch

Projekttil: kante, 3mm

v. cranial

Belastungsrichtung: ventral / dorsal

Skizzierung d. Bruches



Mazeration: ja / nein
Befund Stereolupe: Ø
Befund Färbetechnik: Ø
Befund Röntgen: Ø

Bemerkungen: Spitze des Bruchkeiles leicht versetzt gegenüber Ausbügelpunkt

Abb.2: Beispiel für ein Versuchsprotokoll

Entnahmeprotokoll für gebrochene Rippen

Nr.: 41
27.2.85

Sektionsnr.: 342/85 Sektionsdat.: 26.2.85 gest.am: 25.2.85

Todesursache: zentr. Lähmung bei ausgedeh. Schädeldach- und Schädelbasisbrüch mit tiefgeh. Defektbildung im Bereich des Gehirns

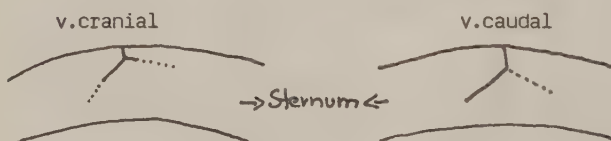
Geb.Datum: 7.4.08 Alter: 76 Geschlecht: ♀ Gewicht: 64,1 kg

Polizei, Notarzt:

VU mit Anstoßrichtung v.d. (re) Seite

Entnommene Rippe: 8. Ri. Bruch bei Rippenreihen # bds.

Skizzierung des Bruches



Mazeration: ja/nein

Befund Stereolupe: Ø

Befund Färbetechnik: siehe gestrichelte Linie

Befund Röntgen: Ø

Frakturposition

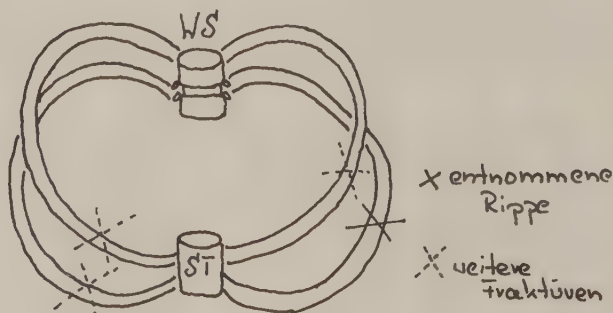


Abb.3: Beispiel für ein Protokoll der Entnahme von bereits gebrochenen Rippen, sogenannter Unfallrippen

4. ERGEBNISSE

Der besseren Übersicht wegen sollen die Ergebnisse der 3 untersuchten Merkmale eines Bruches (Frakturposition, Frakturform und Anstoßart) getrennt untersucht werden. Jedoch werden Überschneidungen nicht zu vermeiden sein.

4.1. F r a k t u r p o s i t i o n

Aus dem Sektionsgut wurden 49 Rippen aus insgesamt 29 Individuen untersucht. Dabei sind 36 mal eine Fraktur pro Rippe und 13 mal zwei Brüche in einer Rippe - mehr als 2 cm voneinander entfernt - aufgetreten. Letztere entstanden ebenfalls durch einen Anstoß.

Zum Zweiten wurden aus dem Patientengut des Kreiskrankenhauses Haag i. Ob. zufallsmäßig 100 Fälle mit 127 Rippenfrakturen in die Erhebung mit aufgenommen. Sie wurden an Hand der Röntgenaufnahmen erfaßt. Es liegt in der Natur der Sache, daß bei dieser Statistik nicht auf Polizei- und Notarztbericht zurückgegriffen werden mußte, sondern die Aussagen der Patienten selbst zur Anstoßrichtung festgehalten wurden.

Hier trat in 95 Fällen eine Fraktur pro Rippe auf und nur 5 Patienten wiesen zwei Brüche in einer Rippe auf. Auch diese Doppelfrakturen entstanden durch nur einen Anstoß.

Der Einfachheit halber sollen die Fallzahlen der Sektion und die des Patientengutes zusammen behandelt werden. Jedoch wird zwischen Rippen mit einer bzw. zwei Frakturen unterschieden.

Die Abbildungen 2 und 3 fassen das Gesagte noch einmal graphisch zusammen.

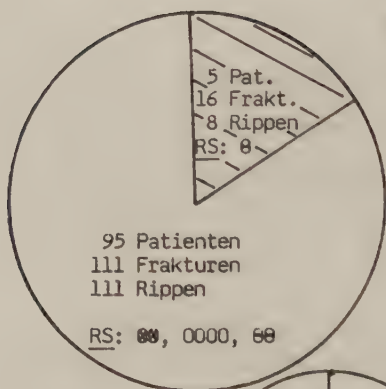


Abb.2: Patientengut des KKH
Insgesamt 100 Patienten mit 127
Frakturen bei 119 Rippen

0 Rippenserienfraktur mit
jeweils 2 Rippen

0 Rippenserienfraktur mit
jeweils 3 Rippen

0 Rippenserienfraktur mit
jeweils 4 Rippen

□ Rippen mit 1 Fraktur
pro Rippe

▨ Rippen mit 2 Frakturen
pro Rippe

F Frakturposition
A Anstoß

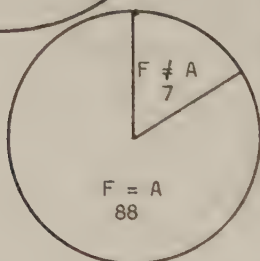


Abb.3: Mazerierte Rippen aus dem
Sektionsgut.
Insgesamt 29 Individuen mit
62 Frakturen bei 49 Rippen

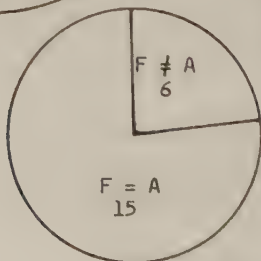
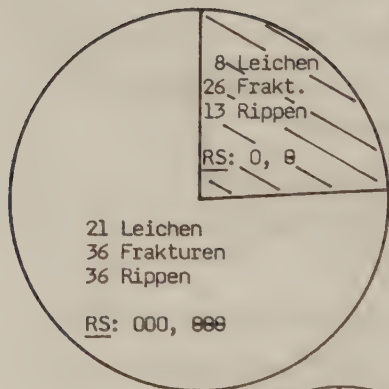
0 Rippenserienfraktur mit
jeweils 3 Rippen

0 Rippenserienfraktur mit
jeweils 4 Rippen

□ Rippen mit 1 Fraktur
pro Rippe

▨ Rippen mit 2 Frakturen
pro Rippe

F Frakturposition
A Anstoß



4.1.1. Eine Fraktur pro Rippe

Die grundsätzliche Frage ist, stimmen der Ort der Gewalteinwirkung und die Position in jedem Fall überein?

Bei 95 von 100 befragten Patienten (siehe auch Abb.2) konnte diese Frage eindeutig mit Ja beantwortet werden. Die Abbildungen 4 und 5 sollen nun die Positionen dieser insgesamt 111 Frakturen nach Höhe im Thorax (Abb.4) und Vertikallinien (Abb.5) aufschlüsseln. Da sich im Normfall zeigte, daß kein wesentlicher Unterschied in der Stabilität zwischen linker und rechter Thoraxhälfte besteht, sind diese im folgenden zusammengefaßt.

Parasternallinie	12
Medioclavicularlinie	15
vordere Axilarlinie	21
Medioaxilarlinie	24
hintere Axilarlinie	17
Skapularlinie	14
Paravertebralinie	8
	111

Abb.4: Frakturposition des Patientengutes, gegliedert nach den Vertikallinien des Thorax

1. Rippe	1	7. Rippe	17
2. Rippe	0	8. Rippe	21
3. Rippe	6	9. Rippe	14
4. Rippe	9	10. Rippe	9
5. Rippe	10	11. Rippe	6
6. Rippe	16	12. Rippe	2

Abb.5: Frakturposition des Patientengutes, gegliedert nach der Höhe im Thorax

Man sieht einen Zahlengipfel der Rippenfrakturen in der 6. bis 9. Rippe im Bereich des lateralen Thoraxbereiches. Dies entspricht durchaus dem Erwarteten, da ...

...die oberen Rippen durch den Schultergürtel geschützt liegen.

...die Rippen 11 und 12 kein ventrales Widerlager in Form der knorpeligen Verbindung zum Sternum, wie die Rippen 1 bis 10, besitzen. Sie sind somit beweglicher und können mehr Energie bis zu ihrem Bruch aufnehmen.

...die Rippen parasternal und paravertebral durch den angrenzenden elastischen Knorpel bzw. die Bänder ebenfalls mehr Anstoßenergie schadlos aufnehmen können.

Es zeigt sich weiter, daß es für Rippenfrakturen zwar einen deutlich häufiger betroffenen Bereich im Brustkorb gibt, jedoch andererseits keine Rippe eine absolute Stabilität aufweisen kann.

Sieben Patienten gaben hinsichtlich ihres Röntgenbefundes stark differierende Angaben ihres Anstoßes an. Jedoch trat dabei folgende Gesetzmäßigkeit auf: Bei allen sieben Patienten befanden sich die Rippenfrakturen im lateralen Bereich des Thorax, aber immer auf der Höhe des Anstoßes.

Ebenfalls alle Patienten erlebten die einwirkende Gewalt als Schlag gegen die Brust oder den Rücken, wobei sie selbst an einem festen Gegenstand lehnten. Anders formuliert, ein Anstoß in ventraler oder dorsaler Richtung mit einer zusätzlichen Gegenkraft auf der kontralateralen Seite. Zudem war die Form des Gegenstandes, auf den sich die Anstoßkraft verteilte (z.B. zurückschnellendes Brett, VW-Bus-Front) eine glatte Fläche ohne Spitzen und Kanten.

Also entstand durch eine relativ große Anstoßfläche eine Kompression des Brustkorbes, die sich in einer Ausgleichsfraktur im lateralen Bereich

entlud. Dieser Bruch muß demnach eine Achsenknickung nach außen aufweisen.

Die Bestätigung des oben Gesagten ergab die Untersuchung der Frakturform der 49 bei der Sektion entnommenen Rippen. In dieser Gruppe stimmten bei 6 Leichen die Frakturposition nicht mit dem Anstoß überein.

Wieder finden sich obige Gesetzmäßigkeiten - große Anstoßfläche (z.B. Lieferwagenfront), Gegenkraft (z.B. Betonwand), Frakturposition im lateralen Bereich des Thorax (3 mal Medioclavicularlinie, 3 mal hintere Axillarlinie).

Die Frakturform erhärtete den Verdacht einer Ausgleichsfraktur. Den 6 Fällen entsprechen 8 Frakturen. Die Frakturformenteilung zeigt Tab. 6:

Scharnierbruch	3
Bruchdreieck	1
Schrägbruch	2
glatter, gerader Bruch	2
Widerhaken	./.

Tab.6: Frakturformen der 8 F = A Fälle (siehe auch Tab.3)

Scharnierbrüche und Bruchdreieck sind eindeutig nach außen gerichtet. Nach innen gerichtete Frakturen sind nicht gefunden worden. Findet man also eine Fraktur mit Richtung nach außen, sollte davon ausgegangen werden, daß die Position dieses Bruches nicht mit dem Anstoßpunkt übereinstimmt.

Es wäre aber falsch anzunehmen, daß größere Anstoßflächen immer zu Ausgleichsfrakturen führen.

Mit ungefähr gleicher Häufigkeit zeigten sich nur eine Fraktur in der Mitte des Anstoßes und Frakturen am Rand der Anstoßfläche. Wenn letzteres

zu beiden Seiten der Anstoßfläche geschieht, kann es zu zwei Brüchen in einer Rippe kommen, die eine Abbildung eben dieser Anstoßfläche ergeben (siehe 4.1.2.).

Welche der genannten Möglichkeiten bei einem breiten Anstoß eintritt - eine, zwei Frakturen oder Ausgleichsbruch - liegt nach den experimentellen Versuchen an der Art des Anstoßes. Dazu jedoch später.

4.1.2. Zwei Frakturen pro Rippe

Für zwei Frakturen in der selben Rippen mit einem Anstoß gibt es theoretisch 3 Möglichkeiten:

- 2 Frakturen mit Knickrichtung nach außen
- 1 Fraktur mit Knickrichtung nach innen und 1 Fraktur als Folgefraktur - ohne eigenen Anstoß - mit Knickrichtung nach außen.
- 2 Frakturen mit Knickrichtung nach innen.

Wie im weiteren Verlauf noch erläutert werden wird, entstehen zwei Frakturen mit der gleichen Richtung nur bei größeren Angriffsflächen der einwirkenden Gewalt. Da aber bei einer gewaltsam verstärkten Krümmung einer Rippe, und nur die vermag eine Rippe nach außen zu brechen, die maximale Druck- bzw. Zugspannung sich nur an einem Ort auswirken kann, scheidet diese Möglichkeit in der Praxis aus. Eine Belastung einer Rippe mit Richtung nach außen kann also nur eine Fraktur bedingen. Ihre Position ist, wie schon in 4.1.1. dargestellt, nie am Punkt der Gewalteinwirkung.

Eine nach außen gerichtete Fraktur wurde in 4.1.1. als Ausgleichsfraktur bezeichnet. Wenn es aber durch die Kompression des Brustkorbes bereits zu einer Fraktur kommt und trotzdem noch genügend Bruchenergie für eine Ausgleichsfraktur bleibt, ergibt sich das anfangs genannte Frakturmuster mit 2 Brüchen - einer mit Knickrichtung nach innen und einer mit

Knickrichtung nach außen. Es sei hier nochmals wiederholt, daß die Ausgleichsfraktur nicht am Ort der Gewalteinwirkung stattfindet, im Gegensatz zur Impressionsfraktur, die zeitlich als erste und am Ort des Anstoßes zu sehen ist. Ein besonders deutlicher Fall dieser Art wird im Kapitel 5 noch ausführlicher beschrieben werden.

Schließlich können zwei Frakturen in einer Rippe nach innen gerichtet sein. Im verwendeten Untersuchungsgut konnten dafür 8 Beispiele gefunden werden. Dabei ist folgendes aufgefallen:

- Die Anstoßfläche ist immer eine glatte Fläche ohne Kanten oder Spitzen (kleinster aufgetretener Anstoß war eine Leiste von 7 cm Breite).
- Die Frakturen traten zu beiden Seiten der Anstoßfläche auf. Damit ergab das Frakturmuster eine Abbildung der Breite des Gegenstandes, der zur Fraktur führte; Wenn mehrere Rippen betroffen sind, sogar der Breite und Länge der dem Thorax beim Anstoß aufliegenden Fläche.

Foto 17 zeigt das Röntgenbild einer Patientin mit einer Rippenserienfraktur der rechten Rippen 4 bis 7. Die Unfallursache ist ein Sturz mit der rechten Körperseite auf eine Bettleiste von ca. 7 cm Breite. Schon äußerlich ergaben die Weichteilverletzungen eine Marke dieser Bettleiste. Der Röntgenbefund (siehe Foto 17) zeigt schließlich, daß die Rippenserienfraktur ebenfalls genau die Größe der Bettkante wiedergibt. Wie weiter zu sehen ist, sind die Bruchstücke der Rippen 5, 6 und 7 jeweils imprümiert. Es handelt sich also um nach innen gerichtete Frakturen, jeweils zu beiden Seiten der Bettleiste.

Hier sei am Rande erwähnt, daß oben beschriebene Abbildungen der einwirkenden Gewalt durch Rippenserienfrakturen in der Beurteilung von Verkehrsunfällen benützt wird, um angeschnallte von nicht angeschnallten Autoinsassen zu unterscheiden. SCHMIDT (16) beschreibt 1979 sogar die

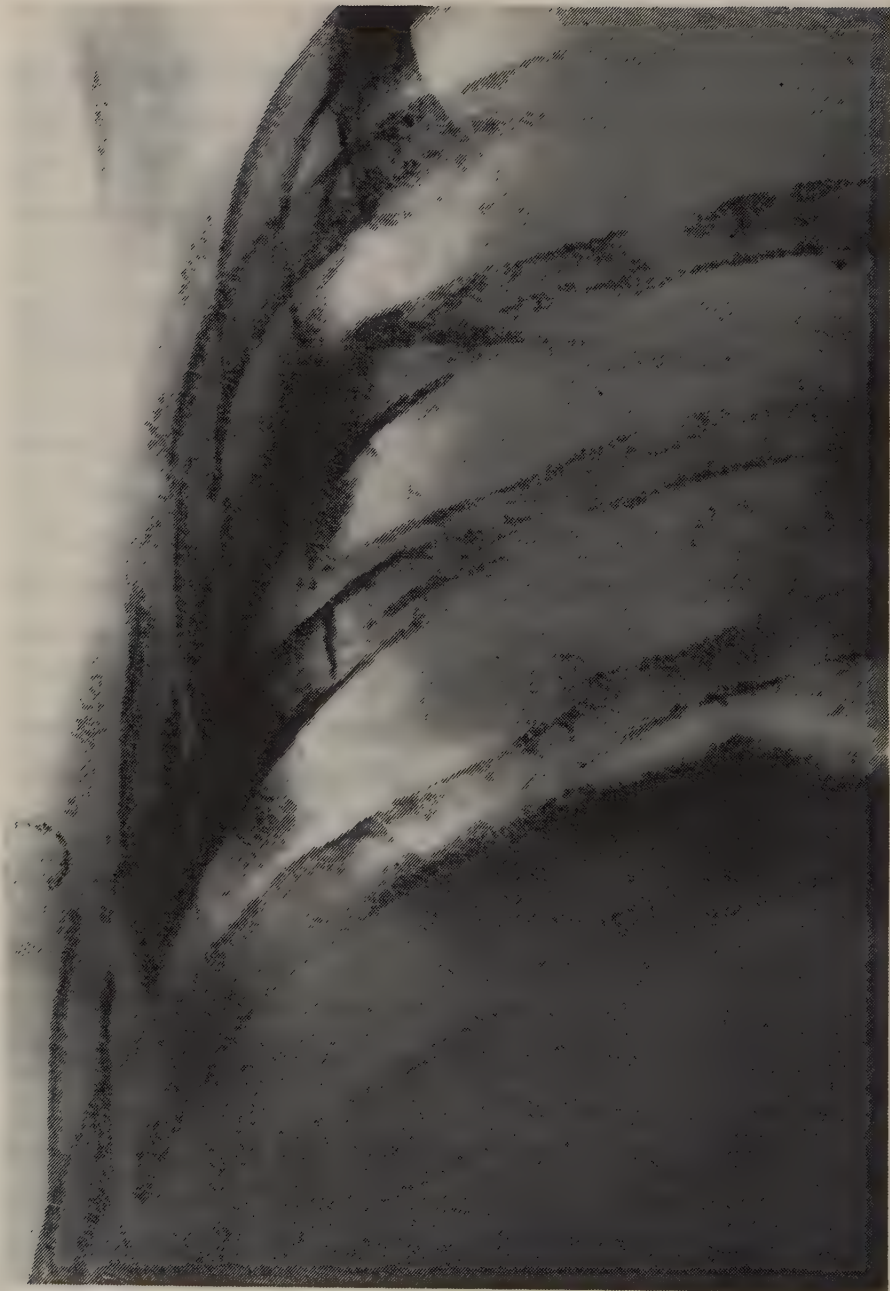


Foto 17: Rippenserienfraktur der Rippen 4 bis 7 rechts einer 62jährigen Patientin

Möglichkeit, Fahrer und Beifahrer zu unterscheiden, wenn beide einen diagonal angelegten Gurt tragen.

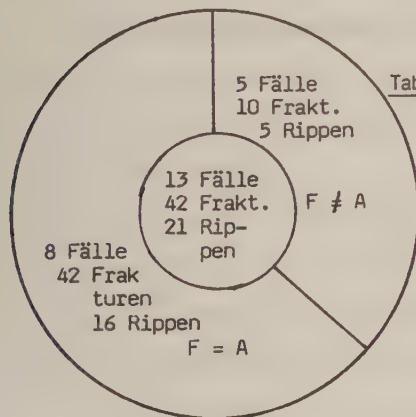
Hier wurden 4 mit einem 3-Punkt-Gurt angeschnallte Unfallopfer auf ihre Rippenfrakturen untersucht. Es zeigten sich 4 Rippenserienfrakturen, die alle dem Verlauf des angelegten Gurtes folgen. Zudem war in 3 Fällen eine Fraktur der Clavicula auf der Seite des Gurtes zu sehen, die den Gurtverlauf im oberen Drittel des Thorax bestätigte.

Abbildung 7 zeigt nochmals graphisch zusammengefaßt Position von Anstoß und Frakturereignis aller Doppelbrüche.

Bei allen Doppelfrakturen im Bereich des Anstoßes befanden sich die Brüche jeweils am Rand der einwirkenden Gewalt nach innen gerichtet.

Stimmen Anstoß und Frakturposition nicht bzw. nur in einem der beiden Brüche Überein, handelte es sich bei der zweiten Fraktur immer um eine sogenannte Ausgleichsfraktur.

Zwischen der solitären Ausgleichsfraktur (siehe 4.1.2.) und dem obigen Frakturmuster soll im Kapitel "Dynamischer und statischer Anstoß" (4.3.) unterschieden werden.



Tab.7:

Doppelfrakturen der mazerierten Rippen des Sektionsgutes + Patientengut

F Frakturposition
A Anstoßort

Abgesehen von breiten Trümmerfrakturen, bei denen sich einzelne Frakturmuster sowieso nicht mehr voneinander unterscheiden ließen, fand sich für einen Anstoß keine einzige Rippe mit mehr als zwei voneinander vollkommen abgesetzten Frakturen.

4.1.3. Reanimationsfrakturen

Unter den 189 begutachteten Rippen fanden sich 14 sogenannte Reanimationsfrakturen, herbeigeführt durch die externe Herzmassage durch den Notarzt. Sie sind alle parasternal gelegen, in einem Bereich von 3 bis 8 cm ab der Knochen-Knorpel-Grenze. Geht man vom Handteller als Anstoßfläche aus, so entspricht diese Position der Kante der Hand. Auch hier treten bisweilen zwei Frakturen auf, jedoch verteilen sich diese, da die Hand bei der Reanimation auf dem Sternum aufliegt, auf die beiden gegenüberliegenden Rippen der Thoraxhälften und laufen somit unter "eine Fraktur pro Rippe".

Als Zwischenresümee kann hier gesagt werden, daß allein von der Position einer Fraktur kein sicherer Rückschluß auf den Anstoß erlaubt ist. Die Kombination mit einer Frakturform scheint unumgänglich.

4.2. Frakturform

Die Untersuchung der Frakturform erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurden in einem Versuch Rippen mit Lasteinleitung auf die Innenseite oder Außenseite zu Bruch gebracht, aus deren Form regelhafte Rückschlüsse auf die einwirkende Gewalt gezogen werden sollten.

Zum Zweiten wurden bereits gebrochen entnommene Rippen unter die Lupe genommen, um die im Experiment erhaltenen Ergebnisse mit der Praxis zu vergleichen.

Grundsätzlich zeigte sich sehr schnell, daß die Beschreibung einer Frakturform neben der Geometrik, die sich durch Geraden und Kurven ausdrücken läßt, auch schwer dokumentierbare Elemente hat, die durch das Gefühl des Untersuchers beim Zusammenfügen der Bruchenden bestimmt wird.

4.2.1. Widerhaken

1973 beschreiben ZINK und REINHARDT (18) am Unterschenkel ein Verhaken der Frakturenden, welches sich nur scharnierähnlich öffnen läßt.

Auch bei den untersuchten Rippenfrakturen war dieses Verhaken oft zu verspüren. In 45 % der Brüche ließen sich die Bruchenden der mazerierten Knochen nach dem Zusammenfügen nur in Richtung des Anstoßes leicht und lautlos öffnen. Gegen die Anstoßrichtung war dies nur unter z.T. erheblicher Kraftanstrengung möglich, begleitet von einem lauten Knistern der zurückschnellenden Widerhaken.

In 17 Extremfällen ließ sich die gebrochene Rippe sogar, mit der durch den Anstoß getroffenen Seite nach oben gerichtet, am Ende des einen Bruchteiles halten, ohne daß das zweite Teil zu Boden fiel, während die Bruchteile um 180° gedreht sofort auseinander fielen.

Nach genauerer Betrachtung der zusammengefügten Bruchteile erwies sich,

daß der Grund für den Widerstand hauptsächlich in der Compacta zu suchen ist. Zwei Merkmale traten immer wieder auf:

- sich ineinander schiebende Compactazähne auf der Anstoßseite,
- geradlinige Bruchspalten an der gegenüberliegenden Seite.

Foto 18 und 19 verdeutlichen das je an einem Beispiel:

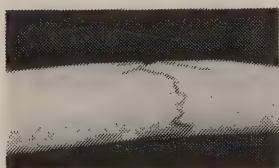


Foto 18: Compactazähne einer 6. Rippe links. Ansicht der Anstoßseite dorsal

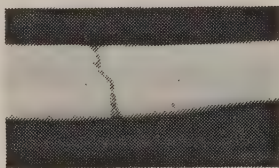


Foto 19: Glatte Bruchlinie einer 6. Rippe links. Ansicht der ventralen Seite

Bemühungen, die von ZINK und REINHARDT (18) beschriebene Abrundung der Bruchkante mittels der Stereolupe darzustellen, brachten keinen objektivierbaren Erfolg. Es war zwar teilweise durchaus eine Abrundung der Bruchkante bei sehr starker Vergrößerung zu erkennen, diese war jedoch nicht zwingend vorhanden und an beiden Seiten der Rippe gleich häufig verteilt. Auch eine Abrundung der Bruchkanten auf beiden Seiten wurde beobachtet.

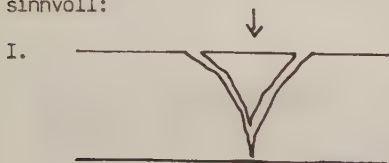
Diese Unregelmäßigkeiten sind meiner Meinung nach durch die relativ dünne Compacta der Rippe bedingt, die an einer Bruchkante zusätzlich instabil zu sein scheint.

Eine Sonderform der Widerhakenerscheinung und zugleich die am sichersten zu beurteilende Frakturform stellt die nicht ganz durchgebrochene Fraktur dar (Foto siehe 4.2.2.). Sie hängt auf der Seite ihres Anstoßes im Bereich der Compacta noch intakt zusammen. Eine Fraktur dieser Art läßt sich gegen ihren Anstoß keinen Millimeter öffnen, außer durch einen, vollständigen Bruch.

4.2.2. Einteilung der Frakturformen

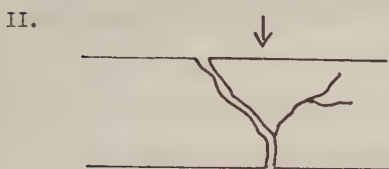
Zur Begutachtung der Bruchformen lagen insgesamt 142 mazerierte Rippen aus dem Sektionsgut zur Verfügung.

Nach der Vorlage der früheren Autoren (siehe Einleitung) und eigenen Modifikationen erschien folgende Einteilung der Rippenfrakturformen für sinnvoll:



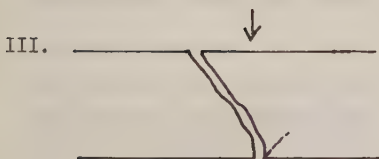
Klassischer Messererbruch:

Aussprengung eines Bruchdreiecks mit konkaven Katheten.



Unvollständiger Messererbruch:

senkrechter Einriß der Zugseite mit Ausbildung eines kompletten Bruches und einer unvollständigen Bruchlinie, entsprechend den Schenkeln eines Bruchdreiecks.

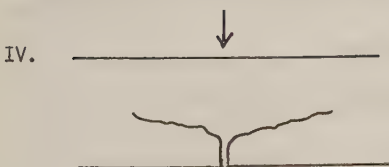


Schrägbruch

a.) reiner Schrägbruch

b.) Schrägbruch mit Fissur, ausgehend am zugseitigen Ansatz der Bruchlinie (gestrichelte Linie)

c.) Verhaken der Bruchenden



Knickbruch:

An der Anstoßseite noch zusammenhängende Fraktur

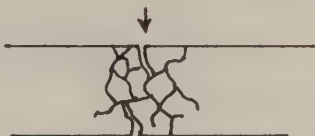
V.



Gerader Bruch:

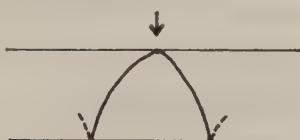
- a.) Ohne Verhaken der Bruchenden
- b.) Mit Verhaken der Bruchenden

VI.



Trümmerfraktur:

VII.



"verkehrter Messererbruch":

Bruchdreieck mit konvexen Schenkeln, dessen Spitze an der Seite des Anstoßes liegt.

- a.) Mit Fissur an der Basis des Dreiecks (gestrichelte Linie).
- b.) Ohne zusätzliche Fissur (s.o.) und ohne Dreiecksaussprengung.
- c.) Mit Aussprengung eines Dreiecks.

Die Fotos 19 bis 23 veranschaulichen die Typen I bis VI an je einem Beispiel.

Die am leichtesten bzw. auch am sichersten zu beurteilende Frakturform ist IV. Wie schon in 4.2.1. erwähnt, läßt sie sich ohne Gewalt nicht gegen ihren Anstoß öffnen. Eindeutige Bruchformen sind auch die Typen I, II und III b. III c und V b lassen sich durch Prüfen der Scharnierbewegung ebenfalls sicher ihrer Anstoßrichtung zuweisen.

Die Bruchklassen III a, V a und VI lassen keine Beurteilung der Anstoßrichtung zu.



Foto 19: Typ I



Foto 20: Typ II

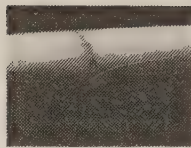


Foto 21: Typ III

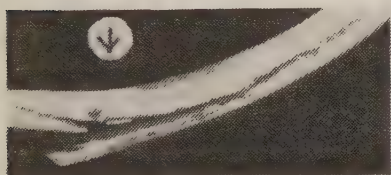


Foto 22: Typ IV

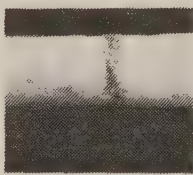


Foto 23: Typ V

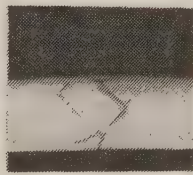


Foto 24: Typ VI

Der große Unsicherheitsfaktor ist das umgekehrte Messererdreieck (VII). Allerdings sind die Schenkel dieser Dreiecke bei Rippenbrüchen sehr stark konvex ausgebildet, so daß eine Verwechslung ausgeschlossen werden kann. Foto 25 zeigt ein solches Bruchdreieck mit der Spitze zum Anstoß gerichtet.

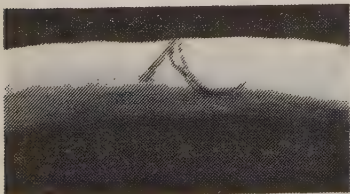


Foto 25: Typ VII, umgekehrter Messererbruch

Die Verteilung der 142 Frakturen dieser Arbeit auf die einzelnen Klassen zeigt Tabelle 8. 80 Frakturen entstanden auf experimentellem Wege, 62 mal wurden bereits gebrochene Rippen untersucht.

		I. 	II. 	III. 			IV. 	V. 		VI. 	VII. 		
				a.)	b.)	c.)		a.)	b.)		a.)	b.)	c.)
experiment- teile Frakturen	dyna- misch 40 = 28,2%	4	9	7 17,5%	4 10%	4 10%	2	10 25%	3 7,5%	-	1 2,5%	-	-
	100%	10%	22,5%	11 27,5%			5%	13 32,5%		-	1 2,5%		-
sta- tisch 80 56,4%	40 = 28,2%	3	5	6 15%	2 5%	3 10%	8	9 22,5%	4 10%	2	-	1 2,5%	-
	100%	7,5%	12,5%	8 20%			20%	13 32,5%		5%		1 2,5%	
Unfall- Frakturen 62 43,6%		7	9	13 21,0%	6 9,7%	8 12,9%	6	14 22,6%	4 6,4%	1	2 3,2%	-	-
		11,3%	14,5%	19 30,7%			9,7%	18 29%		1,6%		2 3,2%	
141 100%		14	23	26 18,3%	12 8,5%	15 10,6%	16	33 23,2%	11 7,8%	3	3 2,1%	1 0,7%	-
		9,9%	16,2%	38 26,8%			11,3%	44 31,0%		2,1%		4 2,8%	

Abb. 8: Bruchformen der 142 untersuchten Rippenfrakturen
III c.) überschneidet sich mit III a.) bzw. III b.)

Bei der Betrachtung der Zahlenwerte fällt auf, daß die am häufigsten vertretenen Bruchformen die Querbrüche (V) und die Schrägfrakturen (III) sind. Faßt man den klassischen Messererbruch (I) mit den "halben" Messererdreiecken (II) zusammen, bilden sie die dritte bedeutende Bruchform.

Knickbruch (IV), Trümmerfraktur (VI) und umgekehrtes Bruchdreieck (VIII) spielen dagegen insgesamt eine untergeordnete Rolle. Weiter fällt auf, daß sich dieses Rangverhalten sowohl bei den experimentellen als auch bei den "echten" Frakturen durchgesetzt hat.

Das schon angesprochene falsche Bruchdreieck ist nie voll ausgesprengt aufgetreten (VII c). Freie Bruchdreiecke gehören alle zu den Messererdreiecken, mit der Basis an der Seite des Anstoßes.

Nicht in der Statistik dargestellt ist die Tatsache, daß zwischen konkaver und konvexer Belastung kein Unterschied festgestellt werden konnte.

Als Bemerkung am Rande sei noch erwähnt, daß die Altersklassen sich auf alle Frakturtypen bis auf IV gleichmäßig verteilen. Bei Typ IV, dem Knickbruch, war jedoch die Gruppe der Jugendlichen unter 16 Jahren außerordentlich stark vertreten. Dies liegt wohl an der größeren Elastizität der jugendlichen Rippe. Ein Zahlengipfel für die ältere Generation war nicht zu erkennen.

Zusammenfassend zeigt Abbildung 9 die relative Häufigkeit der Bruchformen und das Ergebnis der Rekonstruktion der Knickrichtung gegliedert nach experimentellen bzw. Unfallfrakturen.

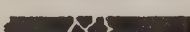
	VERSUCH		UNFALL	
	N = 80	Richtung bestimmbar	N = 62	Richtung bestimmbar
I 	8.7	8.7	11.3	11.3
II 	17.5	17.5	14.5	14.5
III 	23.7	10.0	30.7	14.5
IV 	12.5	12.5	9.7	9.7
V 	32.5	8.7	29.0	6.4
VI 	2.5	0.0	1.6	0.0
VII 	2.5	2.5	3.2	3.2
	100.0	57.9	100.0	59.6

Abb.9: Relative Häufigkeit der Bruchformen und Bestimmbarkeit ihrer Anstoßrichtung in %.

Die Anstoßrichtung eines Bruches ist mittels Frakturform und Widerhakenprüfung im Versuch in 58 % und bei den Unfallfrakturen in 60 % der Fälle eindeutig bestimmbar.

4.3. Dynamischer und statischer Anstoß

Dynamischer und statischer Anstoß unterscheiden sich in erster Linie in der Anstoßgeschwindigkeit.

Während bei statischer Belastung die Erhöhung der Kraft unendlich langsam ansteigt, wirkt die dynamische Belastung durch einen Stoß. Die Lasteinleitung ist somit durch die Höhe der Anstoßgeschwindigkeit gegeben.

Es erscheint logisch, daß den der Rippe anliegenden Weichteilen und Organen bei dynamischem Anstoß wenig Zeit bleibt, der einwirkenden Kraft auszuweichen.

4.3.1. Periostverletzung

Das der Rippe am nächsten anliegende Gewebe ist die Knochenhaut, das Periost. Deshalb wurde der Rippe bei allen Versuchen das Periost belassen (siehe Methodik), um aus dessen Verletzungsgrad eine Unterscheidung zwischen dynamischer und statischer Belastung zu ermöglichen.

Es ergab sich, wie angenommen, ein deutlich höherer Verletzungsgrad des Periosts bei dynamischem Anstoß.

So war bei statischer Belastung nur in 3 von 40 Fällen ein Quereinriß parallel zur Belastungsrichtung zu erkennen; ansonsten nur Längsspaltungen parallel zur Längsachse der Rippe.

Hingegen hatten die dynamisch belasteten Rippen in über der Hälfte der Fälle Quereinrisse aufzuweisen. In 9 Fällen war die Knochenhaut an der der Anstoßseite gegenüberliegenden Seite vollkommen zerrissen.

Die Knochenhaut kann sich also unter statischem Anstoß durchaus noch dehnen, um einer Verletzung zu entgehen, was bei einem schnellen dynamischen Anstoß nicht mehr möglich ist.

4.3.2. Bruchform und Bruchposition

Nochmals zurück zu Tabelle 8. Die Zahlen weisen auch Unterschiede zwischen dynamischem und statischem Anstoß auf.

Die Bruchformen I und besonders II, III entstanden öfter bei dynamischem als bei statischer Belastung.

Andererseits liegt der statische Anstoß bei den Knickbrüchen mit 15% vor dem dynamischen Anstoß. Trümmerfrakturen - bei dynamischem Anstoß nie aufgetreten - sind ebenfalls eine Domäne der statischen Belastung.

Bei geraden Bruchformen ist die Verteilung hingegen ausgeglichen, wobei sie sowohl bei statischem als auch bei dynamischem Anstoß die stärkste Gruppe bildet.

Der Mittelwert der Basisbreiten der Dreiecke vom Typ I ist bei statischem Anstoß um das 1 1/2 fache größer als bei dynamischem Anstoß.

Schließlich ergibt sich aus den Zahlen die Bestätigung, daß im Straßenverkehr der dynamische Anstoß überwiegt. Die Zahlenfolge der "echten" Frakturen und des dynamischen Bruchversuches stimmen in ihrer Häufigkeit weitgehend überein.

Es steht jetzt noch die Beantwortung der Frage aus Kapitel 4.1.1. aus, wie die Anstoßart mit den verschiedenen Möglichkeiten der Frakturposition zusammenhängt.

Nach der Auswertung der Entnahmeprotokolle und des Versuches lassen sich folgende Aussagen machen:

Man muß neben Dynamik und Statik auch die Größe des anstoßenden Gegenstandes unterscheiden. Dies soll an Hand der Abbildung 10 erläutert werden:

Verteilt sich die einwirkende Kraft auf eine Kante oder gar eine Spitze, so spricht man von einem punktförmigen Anstoß. Andererseits gibt

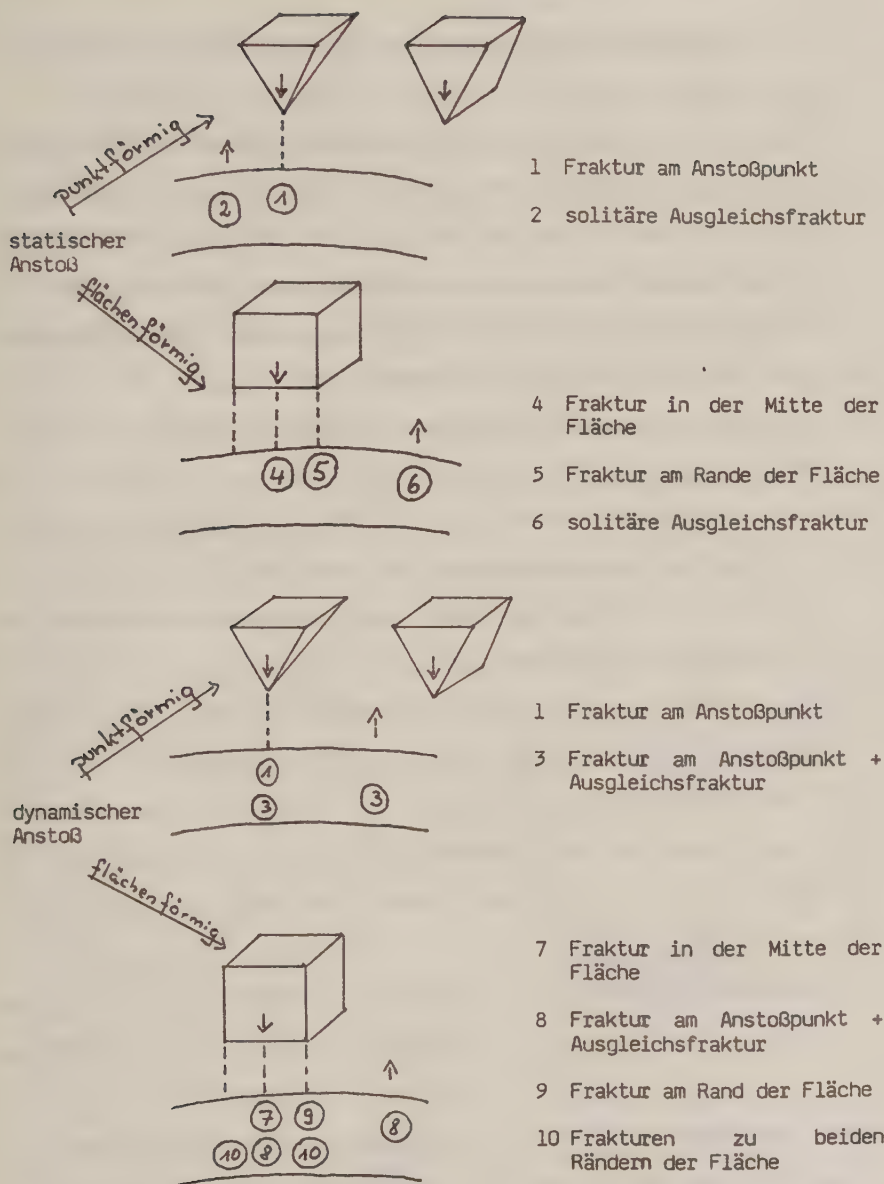


Abb. 10: Dynamischer und statischer Anstoß in Abhängigkeit von der Anstoßgröße

es den flächenförmigen Anstoß, bei dem sich die Kraft auf eine glatte, breitere Auflage verteilt.

Sowohl der statische als auch der dynamische punktförmige Anstoß können als zugleich häufigste Möglichkeit zu einer Fraktur am Anstoßpunkt führen (1). Als Zweites gibt es bei statischer Belastung eine nach außen gerichtete Ausgleichsfraktur, die solitär auftritt (2), im Gegensatz zum dynamischen Anstoß, wo sie nur in Verbindung mit einer nach innen gerichteten Primärfraktur am Anstoßort erscheint (3).

Komplexer sind die Verhältnisse bei flächenhaftem Anstoß:

Für den statischen Anstoß gibt es drei Varianten. Eine Fraktur in der Mitte (4), eine Fraktur versetzt an einen Rand der Fläche (5), oder wieder die schon oben genannte solitäre Ausgleichsfraktur (6).

Der dynamische Anstoß schließlich weist vier Möglichkeiten auf. Wie bei punktförmiger Gewalteinwirkung kann eine Fraktur in der Mitte der Fläche (7) oder eine Primärfraktur mit Ausgleichsfraktur (8) entstehen. Weiter kann es zu einer Fraktur am Rand der Anstoßfläche (9) wie beim statischen flächenhaften Anstoß kommen. Nur beim dynamischen flächenhaften Anstoß treten auch zwei Frakturen jeweils am Rand der Fläche auf (10).

Daraus ergibt sich, daß nur folgende Frakturmuster sichere Schlüsse auf die Anstoßart zulassen:

Solitäre Ausgleichsfraktur	<u>statischer</u> Anstoß (sowohl bei <u>flächenförmigem</u> , als auch bei <u>punktförmigem</u> Anstoß)
Zwei Randfrakturen	<u>dynamischer</u> anstoß (glatte <u>Fläche</u>)
eine Fraktur am Anstoßort + Ausgleichsfraktur (nach innen + nach außen gerichtete Fraktur)	<u>dynamischer</u> Anstoß (sowohl bei <u>flächenförmigen</u> , als auch bei <u>punktförmigem</u> Anstoß)

5. BEURTEILUNG eines ausgewählten Falles aus dem Sektionsgut

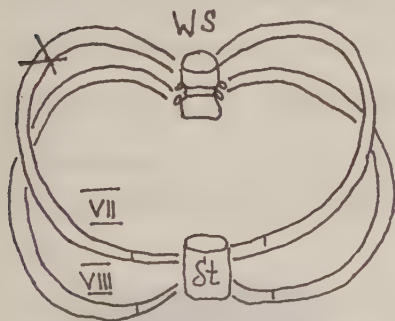
Beim folgenden Falle handelt es sich um die Beurteilung von drei Frakturen, die sich in einer 7. und in einer 8. Rippe rechts befinden. Alle drei Frakturen wurden einem 54jährigen Mann bei einem Verkehrsunfall zugefügt.

Die Fragestellung der Staatsanwaltschaft bei der Sektion war neben der Todesursache die Feststellung der genauen Anstoßrichtung. Und ob - ausgehend von den unterschiedlichen Frakturpositionen (siehe unten) - auch die Möglichkeit mehrerer Anstöße aus verschiedenen Richtungen besteht.

Frakturposition

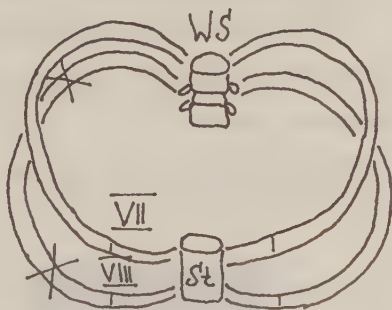
7. Rippe rechts

- hintere Axillarlinie



8. Rippe rechts

- hintere Axillarlinie
- Medioclavicularlinie



Aus den oben gezeigten Frakturpositionen können theoretisch folgende Schlüsse gezogen werden:

- es handelt sich bei den Frakturen in der hinteren Axillarlinie und der Medioclavicularlinie um Ereignisse mit voneinander getrennten Anstößen.
- Die Frakturen der beiden vertikalen Körperlinien hängen in ihrer Entstehung zusammen. Das heißt, die Brüche in der hinteren Axillarlinie

entstanden als Ausgleichsfraktur zu einem Anstoß in der Medioclavicularlinie oder umgekehrt. Wobei es doch wahrscheinlicher ist, daß die Fraktur der Medioclavicularlinie als Ausgleich zur hinteren Axillarlinie entstand, da die verbleibende Gewalt nach nur einer Primärfraktur kaum für zwei Sekundär- bzw. Ausgleichsfrakturen reicht.

In jedem Fall können als Ereignis eines Anstoßes die Brüche in der hinteren Axillarlinie zusammengefaßt werden, da sie genau übereinander zu liegen kamen.

Aus der Frakturposition allein ergibt sich somit keine eindeutige Beurteilbarkeit des Anstoßes.

Frakturform und Widerhaken

Zur Untersuchung wurden die Rippen 7 und 8 rechts von der Paravertebrallinie bis zur Knochen-Knorpel-Grenze entnommen und mazeriert.

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln erläutert, sind für eine eindeutige Beurteilung der Bruchform der Widerhaken und das Bruchdreieck vorrangig geeignet.

Die Fotos 26 bis 31 zeigen die drei Rippen des Unfallopfers:

ST



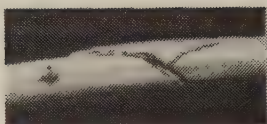
Foto 26: 7.Rippe rechts, hintere Axillarlinie, Ansicht von cranial

ST



Foto 27: 7.Rippe rechts, hintere Axillarlinie, Ansicht von caudal

ST



ST

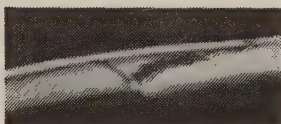


Foto 28: 8.Rippe rechts, hintere Axillarlinie, Ansicht von cranial

Foto 29: 8.Rippe rechts, hintere Axillarlinie, Ansicht von caudal

ST



ST



Foto 30: 8.Rippe rechts, Medioclaviculärlinie, Ansicht von cranial

Foto 31: 8.Rippe rechts, Medioclaviculärlinie, Ansicht von caudal

Aus den Abbildungen sind folgende Bruchformen erkennbar:

- Angedeuteter Bruchkeil (Typ II) der 7. Rippe
- Zusammenhängende Fraktur (Typ IV) der 8. Rippe in der hinteren Axillarlinie
- Nochmals ein angedeuteter Bruchkeil (Typ II) in der Medioclaviculärlinie der 8. Rippe. Die craniale Fläche zeigt sogar die Aussprengung eines kleinen Bruchkeiles (Typ I), die jedoch nur in der oberen Horizontalhälfte der Rippe ausgeprägt ist.

Alle Frakturformen zählen damit zu den eindeutig auf ihre Anstoßrichtung beurteilbaren Bruchtypen.

Die Spitze des Bruchkeiles bei beiden Frakturen der hinteren Axillarlinie weist in den Thorax, hingegen zeigt die Spitze des Dreiecks der

Fraktur in der Medioclavicularlinie nach außen, vom Körper des Unfallopfers weg.

Zudem ist die Fraktur der 7. Rippe nach Zusammensetzen nur in Richtung zum Brustkorb hin zu öffnen; die Fraktur der 8. Rippe, Medioclavicularlinie, nur vom Körper weg aufzuklappen. Das Verhaken der Bruchenden bestätigt damit nochmals die eindeutig beurteilbaren Bruchformen .

Selbstverständlich läßt sich die zusammenhängende Fraktur der 8. Rippe rechts, hintere Axillarlinie, auch nur nach innen bzw. zum Thorax hin aufklappen.

Art des Anstoßes

Die dynamische Art des Anstoßes stand, da es sich um einen Verkehrsunfall handelte, von vorn herein fest. Der Vollständigkeit halber aber sei noch erwähnt, daß das Periost der nach innen gerichteten Frakturen über der ganzen dorsalen Rippenfläche ausgefranzte Quereinrisse aufweist, wie sie für den dynamischen Anstoß typisch sind.

Da es sich hier also um einen dynamischen Anstoß handelt und bei diesem nach 4.3.2. eine Ausgleichsfraktur immer mit einer nach innen gerichteten Fraktur verbunden ist, kann man also von nur einem Anstoßereignis für alle 3 Frakturen ausgehen.

Abschließende Zusammenfassung der Befunde:

Ein bei einem Verkehrsunfall als Fußgänger beteiligter 54jähriger Mann erlitt dabei drei Rippenfrakturen. Ihre Positionen sind die hintere Axillarlinie (2) und die Medioclavicularlinie (1). Die drei Frakturen hängen in ihrer Entstehung folgendermaßen zusammen: Durch einen dynamischen Anstoß kommt es zu den beiden Brüchen in der hinteren Axillarlinie, deren Position mit dem Ort der Krafteinwirkung übereinstimmt. Aber auch für die

dritte Fraktur in der Medioclavicularlinie ist der selbe Anstoß verantwortlich. Sie ist als Ausgleichsfraktur zur weiteren Entlastung des von hinten komprimierten Thoraxringes entstanden und damit nach außen gerichtet.

Ein weiterer Anstoß von vorne lateral rechts scheidet somit aus, der entscheidende Anstoß kam von dorsolateral rechts.

6. DISKUSSION

Die Frage nach dem Einfluß des Anstoßes auf die Fraktur kann eindeutig mit Ja beantwortet werden.

Form und Position der Fraktur scheinen in einer gesetzmäßigen Abhängigkeit von Richtung und Art des Anstoßes zu stehen.

Die Einteilung der Frakturformen konnte von den zahlreichen Autoren der Tibia-Untersuchungen weitgehend auch für die Rippenfrakturen übernommen werden. Nach der Darstellung der Bruchformen an allen Extremitäten durch KAWASE (9) und den Einteilungen der Rippenfrakturen durch THEIS (17), GROSSER (2) und dieser Arbeit neben der über ein Jahrhundert erfolgten Erforschung des Bruchverhaltens, speziell der Tibia (allen voran durch Messerer), scheint es, daß sowohl in den Extremitätenknochen als auch in den Rippen die selben Bruchlinienbilder entstehen.

Geht man von der Forderung Messerers eines Bruchdreiecks mit Basis auf der Anstoßseite aus, die sich im übrigen wieder einmal bestätigte, und zählt die durch Fissuren angedeuteten Bruchdreiecke hinzu, so ist in einem Drittel der Fälle die Anstoßrichtung zu ermitteln. Hinzu kommen noch Knickbrüche und das Verhaken der Bruchenden, welches das subjektive Gefühl des Untersuchers verlangt, aber insgesamt ist ein sicherer Schluß in knapp 60% der Fälle auf die Anstoßrichtung möglich.

Die erbleibenden Fälle lassen zudem keine falsche Beurteilung der Anstoßrichtung zu, sie sind gar nicht beurteilbar (z.B. gerader Bruchtyp ohne Widerhaken).

THEIS (17) findet bei seiner Untersuchung der Bruchformen wesentlich mehr falsche Bruchdreiecke als Messererbrüche. Dies bestätigte sich nicht. Zum einen sind die klassischen Messererbruchdreiecke zusammen mit

den, durch Verlängerung der Bruchlinien vervollständigbaren Dreiecke (Typ II und III) 10mal häufiger aufgetreten, zum anderen kam es bei den Typ VII Frakturen nie zu einer vollständigen Aussprengung eines Dreiecks! Das heißt, bei einem Bruchfragment in der Form eines Dreiecks steht einer Ermittlung der Anstoßrichtung im Sinne Messerers nichts mehr im Wege.

Weiter zeigen die in insgesamt 2,8% der untersuchten Frakturen aufgetretenen, auf dem Kopf stehenden Dreiecke ausgeprägt konvexe Schenkel, so daß eine Verwechslung bei einem aufmerksamen Betrachter eigentlich ausgeschlossen sein sollte.

Natürlich sind die Versuche dieser Arbeit im dafür optimalsten Bereich der Rippen entsprechend den Forderungen von GRANIK und STEIN (1) durchgeführt worden. Die 5. und 6. Rippe haben einen größeren Durchmesser und damit eine relativ breite caudale und craniale Fläche, auf der so komplexe Bruchformen wie der Bruchkeil auch erkennbar werden.

Bei den flachen Bereichen der Rippen ist eine Beurteilung manchmal wegen der praktisch nur aus einer Compactakante bestehenden cranialen bzw. caudalen Fläche von vornherein ausgeschlossen.

Daß die Ergebnisse der Versuche jedoch nicht als wirklichkeitsfremd oder zu theoretisch aufzufassen sind, zeigt die gute Übereinstimmung der Bruchformen beim dynamischen Anstoßversuch und den aus Verkehrsunfällen entnommenen Rippen.

THEIS (17) beschreibt eine größere Streubreite der verschiedenen Bruchformen bei den statischen Bruchversuchen gegenüber dem dynamischen Anstoß. Hingegen zeigten sich bei der Auswertung des Versuches dieser Arbeit bei einer Kombination von Bruchform und Bruchposition drei Frakturmuster, die für die jeweilige Anstoßart typisch zu sein scheinen:

Zwei Frakturen am Rande eines dynamischen flächenhaften Anstoßes. Die solitäre Ausgleichsfraktur beim statischen Anstoß und die zwingende Verbindung von einer Ausgleichsfraktur beim dynamischen Anstoß mit einer nach innen gerichteten Fraktur am Ort der Gewalteinwirkung. Diese Frakturmuster sind nur ein kleiner Teil aller Möglichkeiten, aber sie sind spezifisch für Dynamik und Statik ihre Anstoßes.

Auch bei den Weichteilverletzungen ergaben sich spezifische Anzeichen für die Art des Anstoßes. Jeder gerichtsmedizinische Gutachter bezieht bei der Suche nach Rippenbrüchen als erstes die parietale Pleura nach Unterblutungen.

SCHMIDT (16) beschreibt bei dynamischem Anstoß mehr Weichteilrisse über der Frakturstelle als bei statischem Anstoß.

Die Ausprägung der hier untersuchten Periostverletzung stellt dies analog zu Schmidt dar. Nur bei dynamischem Anstoß sind Quereinrisse der Knochenhaut über der Fraktustelle zu sehen. Sie sind jedoch nicht zwingend vorhanden, so daß bei geringem Verletzungsgrad immer von einem statischen Anstoß ausgegangen werden könnte. Das bedeutet andererseits, daß nur der hohe Verletzungsgrad mit Quereinrissen des Periosts ein spezifisches Merkmal für den dynamischen Anstoß ist.

Die nach außen gerichtete Ausgleichsfraktur mit einer Position abseits vom Ort des Anstoßes ist ebenfalls ein spezifisches Merkmal - für die Rippen des Brustkorbes. Da die Rippen mit der Wirbelsäule und dem Sternum einen Ring bilden, der bei einer Kompression zur Ellipse verformt wird, kann in einer Rippe neben einer nach innen gerichteten Fraktur am Ort des Anstoßes auch eine nach außen gerichtete Fraktur entstehen. Der Untersu-

cher von Rippenfrakturen muß also im Gegensatz zu den Extremitäten auch mit der Möglichkeit einer Entlastungs- oder Ausgleichsfraktur rechnen.

Die Untersuchung bezog sich wohlgernekt nur auf die Folgen eines einzigen Anstoßes bis zum ersten Ereignis eines Versagens der Knochenstruktur. Natürlich läßt sich z.B. zur solitären Ausgleichsfraktur beim statischen Anstoß theoretisch durch immer weiter gesteigerten Druck bzw. Erzeugung neuer Druck- und Zugspannungen in der Rippe auch nach der "Entladung" durch den ersten Bruch noch eine weitere Fraktur erzeugen. Doch müßte der Knochen dazu im Experiment im Gegensatz zur Rippe in toto neu eingespannt werden. Außerdem wird es in toto, durch die verbindende Wirkung der Weichteile zwischen den Rippen, vor einem weiteren Bruch in der selben Rippe zu einer Fraktur der angrenzenden Rippen, d.h. einer Rippen-serienfraktur kommen.

Einmal fand sich im Experiment bei statischem Anstoß eine Ausgleichsfraktur zusammen mit einer nach innen gerichteten Fraktur am Ort des Anstoßes, wie es eigentlich für den dynamischen Anstoß typisch ist. Als Erklärung kommt hier nur ein fließender Übergang zwischen statischem und dynamischem Anstoß in Frage, da nach dem Versuchsprotokoll die Belastung bis zum Bruch in sehr kurzer Zeit erfolgte.

Da es bei Verkehrsunfällen zumeist zu einem senkrecht auf die Rippenoberfläche gerichteten Anstoß kommt, zeigten sich im Untersuchungsgut keine Dreh- oder Torsionsbrüche. SCHMIDT (16) beschreibt diese bei einer Einteilung der Rippenfrakturen als Folge eines Anstoßes in der Längsachse des Körpers mit häufigstem Auftreten in der Paravertebrallinie.

Die Verwendbarkeit von Röntgenbildern zur Ermittlung der Anstoßrichtung bei Unterschenkelfrakturen zweifelt GROSSER (2) in seiner Arbeit an.

Bei den Rippenbrüchen half das Röntgenverfahren jedoch ganz entscheidend bei der Aufklärung dreier Fälle, die durch die Dreidimensionalität des Messererdreiecks für das bloße Auge nicht beurteilbar waren. Ein besonders deutlicher Fall wurde ausführlich beschrieben.

Während für die Dreidimensionalität die Röntgenaufnahme das Mittel der Wahl ist, zeigt sich für die einfacher darstellbare Zweidimensionalität der entscheidenden Bruchlinien die Anfärbung als bestes Verfahren. Die Methode wurde ebenfalls schon dargestellt.

Als Abschluß ein kurzes Fazit:

Durch die Kombination von Frakturform, Position des Bruches im Thorax und Grad der Periostverletzung läßt sich in über 50% der Fälle die Anstoßrichtung und in einem geringen Prozentsatz auch die Anstoßart ermitteln, wobei die restlichen Brüche nicht beurteilbar sind, d.h. falsche Schlüsse aus den Befunden sind keinesfalls möglich.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden insgesamt 269 Frakturen aus 169 Individuen männlichen und weiblichen Geschlechts im Alter von 15 bis 75 Jahren untersucht. Dabei sind 3 Hauptgruppen vertreten:

- a.) 80 fünfte und sechste Rippen wurden zwischen der Medioclavicularlinie und der hinteren Axillarlinie mit ihrer Knochenhaut in einer Fallversuchsanlage eingespannt und zu gleichen Teilen einem dynamischen oder statischen Anstoß unterworfen.
- b.) 62 "echte" Frakturen in 49 Rippen stammten aus Verkehrsunfallopfern für einen Vergleich zwischen Experiment und Praxis.
- c.) Aus dem Patientengut eines KKH wurden 100 Patienten mit Rippenfrakturen an Hand ihrer Röntgenaufnahmen befundet.

Von a und b wurden Frakturform, Frakturposition und Art des Anstoßes ausgewertet, bei den Fällen von c wurde nur die Frakturposition bestimmt.

Als Inspektionsverfahren wurde neben dem bloßen Auge auch die Eignung von Röntgenaufnahmen und Stereolupe untersucht.

Die wichtigsten Ergebnisse in Kürze:

Eine sichere Ermittlung der Anstoßrichtung einer Fraktur ist durch das Auftreten eines oder beider der folgenden Merkmale gewährleistet:

- Die Frakturformen * Messererdreieck
 - * angedeutetes, durch Verlängerung der Fissuren vervollständigbares Dreieck
 - * Knickbruch
- Widerhaken der Bruchenden

Die Erfolgsquote liegt bei über 50%, die restlichen Frakturen sind an Hand ihrer Form nicht beurteilbar.

Aus der Kombination von Frakturform und Frakturposition läßt sich auf den Ort und Art des Anstoßes schließen:

- Befund der Frakturform: Nach innen gerichtete Fraktur.

Bei einer Fraktur pro Rippe liegt der Ort des Anstoßes auf oder zumindest in nächster Nähe der Frakturposition. Sowohl statischer als auch dynamischer Anstoß möglich.

Bei zwei Frakturen und einem Anstoßereignis ist der ganze Bereich zwischen den Frakturen Anstoßort. Immer flächenhafter, dynamischer Anstoß.

- Befund der Frakturform: Nach außen gerichtete Fraktur.

Am Ort der Fraktur fand in jedem Fall kein Anstoßereignis statt.

Ist in der selben Rippe eine weitere nach innen gerichtete Fraktur vorhanden, so sind Position und Richtung dieser Fraktur mit Ort und Richtung des für beide Frakturen verantwortlichen Anstoßes identisch. Die Anstoßart ist dabei dynamisch.

Tritt jedoch zu der nach außen gerichteten Fraktur keine weitere in der selben Rippe auf, so ist mit Sicherheit nur, wie schon erwähnt, zu sagen, daß am Ort der Fraktur kein Anstoßereignis stattgefunden hat. Es handelt sich um einen statischen Anstoß.

Aus dem Verletzungsgrad des Periosts um die Frakturstelle läßt sich auf die Anstoßart schließen:

- Großer Verletzungsgrad des Periosts (Quereinrisse) dynamisch

- Speziell bei Messererbruchdreiecken: Schmale Basisbreite

(unsicher, da keine Grenzwerte bestimmbar)

dynamisch

Weitere Ergebnisse stichwortartig zusammengefaßt:

- Bei einem Anstoßereignis auf eine Rippe entstanden nie mehr als zwei Frakturen.
- Flächenhafte Anstöße ergeben bei dynamischem Anstoß eine Abbildung des anstoßenden Gegenstandes. Dies kann bei Verkehrsunfällen dazu genutzt werden, angeschnallte von nicht angeschnallten Fahrzeuginsassen zu unterscheiden.
- "Falsche" Bruchdreiecke mit der Spitze an der Anstoßseite sind an ihren konvexen Schenkeln erkennbar.
- Jugendliche Rippen weisen wesentlich mehr Knickbrüche auf, als die übrigen Alterstufen.
- Reanimationsfrakturen sind alle parasternal in einem Abstand von 3 bis 6,5 cm von der Knochen-Knorpel-Grenze gelegen, ihre Anstoßrichtung ist dem Reanimationsvorgang gemäß nach innen gerichtet.
- Röntgenaufnahmen erlauben die Darstellung von in der Dreidimensionalität versteckten Bruchformen, während bei zweidimensionalen Bruchformen eine Anfärbung der Bruchlinien Mittel der Wahl ist.

8. LITERATURVERZEICHNIS

1. GRANIK, G. and STEIN, I.

Human ribs: Static testing as a promising medical application
J. of biomechanics, Vol. 6, pp 237 - 240, 1973

2. Grosser, F.

Untersuchungen über die Verwendbarkeit von Röntgenbildern gebrochener Unterschenkelknochen für die Rekonstruktion der Anfahrreicherung nach Unfällen mit Fußgängerbeteiligung
Nürnberg-Erlangen, Dissertation, 1975

3. HOLZHAUSEN, G.

Gerichtsmedizinische Beurteilung von Messererbrüchen der unteren Gliedmaßen
Leipzig, Beitr. gerichtl. Med., 23, 55 - 64, 1965

4. HAAS, N. und OTTE, D.

Weichteilschädigungen und Frakturformen von Unterschenkelfrakturen in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus
Hannover, Unfallund Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 56, 119 - 123, 1986

5. JOHNER, R.

Die Unterschenkelfraktur
Helv. Chir. Acta, 49, 237, 1982, zitiert nach 4.

6. JOHNER, R.; WRUHS, O.

Classification of tibial shaft fractures and correlation with results after rigid internal fixation
Clin. Orthop., 178, 7, 1983, zitiert nach 4.

7. KALLIERIS, D. ; KLAIBER, J. ; SCHMIDT, G.
Beanspruchung des Thoraxskeletts eines mit 3-Punkt-Gurt gesicherten Insassen
Heidelberg, Beitr. gerichtl. Med., 34, 103 - 110, 1976
8. KALLIERIS, D. ; SCHMIDT, G. ; SCHÜLER, F.
Thorasbelastung und Verletzungsmuster bei der Schrägkollision
Heidelberg, Beitr. gerichtl. Med., 40, 275 - 281, 1982
9. KAWASE, M.
The forms of experimental fracture
Reprint from Acta Crim. et Medic. Legalis Japonica
Vol. 31, No 1, 1965
10. KÜNTSCHER, G.
Die Bedeutung der Darstellung des Kraftflusses im Knochen für die Chirurgie
Langenbecks Archiv klin. Chirurgie, 182, 489 - 551, 1935
11. LEITZ, G.
Ursachen des Bruchverhaltens langer Röhrenknochen
Stuttgart, Bücherei des Orthopäden, Band 6, 1970, F.E. Verlag
12. MARESCH, W. ; MAURER, H.
Der Verkehrsunfall in gerichtsmedizinischer Sicht
Graz, 1985, Leykam Verlag
13. MESSERER, O.
Über Elastizität und Festigkeit der menschlichen Knochen
Stuttgart, 1880, J.G. Cotta Verlag

14. PATSCHEIDER, H:

Über Anprallverletzungen der unteren Gliedmaßen bei Straßenverkehrsunfällen

Innsbruck, Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med., 54, 336 - 366, 1963

15. SELLIER, K.

Zur Mechanik des Knochenbruchs

Bonn, Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med., 56, 341 - 348, 1965

16. SCHMIDT, G.

Rib-cage injuries indicating the direction and strength of impact

Heidelberg, Forensic Sci. Int., 13(2), 103 - 110, 1979

17. THEIS, M.

Untersuchungen der dynamischen und statischen Biegebelastung freier menschlicher Rippen in Abhängigkeit zu Alter und Geschlecht.

Heidelberg, Dissertation, 1975

18. ZINK, P; REINHARDT, L.

Anstoßverletzungen am Unterschenkel bei Verkehrsunfällen

Nürnberg-Erlangen, Beitr. gerichtl. Med., 32, 66 - 68, 1973

Ich danke herzlich Herrn Professor Dr.med. E. Liebhardt für die Überlassung des Themas sowie für viele Hinweise und Ratschläge bei der Durchführung der Untersuchung.

Herrn Priv.-Doz. Dr. G. Beier gilt mein Dank für seine unermüdliche Unterstützung bei allen großen und kleinen Problemen dieser Arbeit und der Verfassung des Vortrages.

Weiter möchte ich mich bei den Chefärzten des Kreiskrankenhauses Haag i. Ob., Herrn Dr.med. M. Federhofer und Herrn Dr.med. U. Witt, für die gewährte Einsicht in ihr Krankengut danken.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei den vielen "kleinen" Helfern dieser Arbeit, dem Präparatorenteam unter Herrn Klein für manchen praktischen Tip und die Hilfe bei der Mazeration, der Röntgenassistentin Frau Völkl des KKH Haag i. Ob. für die Herstellung aller Röntgenaufnahmen, sowie Herrn Ocskay für die Hilfe bei der Entwicklung der Fotoaufnahmen.

Lebenslauf

Name: Michael Bayeff-Filloff

Wohnort: Kapellenstr.14, 8092 Haag i.Ob.

Geburtsdatum: 26. August 1962

Geburtsort: Haag i. Ob.

Eltern: Dr.med. Christo Bayeff-Filloff, Chirurg
Eva-Maria Bayeff-Filloff, Hausfrau

Familienstand: ledig

Staatsangehörigkeit: deutsch

Schulbildung: 1968 bis 1972 Grundschule in Haag i.Ob.
1972 bis 1981 Gymnasium in Wasserburg
a. Inn
1981 Abschluß mit Abitur

Hochschulausbildung:

1981 bis 1987 Studium der Humanmedizin
an der LMU München

1983 Physikum

1984 1. Staatsexamen

1986 2. Staatsexamen

1987 3. Staatsexamen

12. November 1987 Approbation als Arzt

